

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

Fabiana Miranda Rocha

**UTILIZAÇÃO DO ESTUFIM E DO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA MINIASTAQUIA
DE UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita***

Diamantina

2019

Fabiana Miranda Rocha

**UTILIZAÇÃO DO ESTUFIM E DO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA MINIASTAQUIA
DE UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Miranda Titon

Diamantina

2019

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R672u Rocha, Fabiana Miranda

Utilização do estufim e do ácido indolbutírico na miniestaquia de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita* / Fabiana Miranda Rocha, 2019.

91 p. : il.

Orientadora: Miranda Titon

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Floresta) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

1. Clonagem. 2. Hibridação. 3. Enraizamento. I. Titon, Miranda.
II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 634.9

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM

Bibliotecária Nádia Santos Barbosa – CRB6/3468.

FABIANA MIRANDA ROCHA

Utilização do estufim e do ácido indolbutírico na miniestaquia de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM CIÊNCIA
FLORESTAL, nível de MESTRADO
como parte dos requisitos para
obtenção do título de MESTRA EM
CIÊNCIA FLORESTAL

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Miranda
Titon

Data da aprovação : 26/02/2019




Prof.Dr.^a MIRANDA TITON - UFVJM



Prof.Dr. EVANDRO LUIZ MENDONÇA MACHADO - UFVJM



Prof.Dr. MARCELO LUIZ DE LAIA - UFVJM



Dr. PAULO HENRIQUE RODRIGUES DOS SANTOS - UFVJM

DIAMANTINA

AGRADECIMENTOS

À Deus por sua presença constante em minha vida.

Aos meus pais, Rosane e Marcelo, por serem meu alicerce e minha maior inspiração para ser uma pessoa melhor a cada dia.

À minha irmã, Poliana, pela amizade, apoio e incentivo.

Ao Leonardo, por todo amor e companheirismo.

À professora Miranda pela confiança, paciência e conhecimentos transmitidos durante esta jornada.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem fazer parte deste trabalho e contribuírem com seus conhecimentos.

A todos do Laboratório de Melhoramento Florestal, pela amizade e apoio prestado.

À Sula, pela amizade e apoio na condução dos experimentos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, pela estrutura e logística.

À Aperam Bioenergia, pelo apoio técnico.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos os colegas e amigos que, direta ou indiretamente, permitiram e torceram para que este trabalho fosse executado.

RESUMO

ROCHA, Fabiana Miranda. **Utilização do estufim e do ácido indolbutírico na miniestaquia de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita***. 2019. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

Devido à variabilidade de espécies e cruzamentos dentro do gênero *Eucalyptus*, a busca por material genético mais produtivo, menos exigente por água e nutrientes, resistente a pragas e doenças e mais adequado a diversas finalidades de uso é constante. No entanto, algumas espécies e clones deste gênero apresentam limitações no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas. Este trabalho teve por objetivo avaliar o enraizamento de miniestacas e a produtividade de miniestacas por minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*. Os experimentos foram conduzidos na Empresa Aperam Bioenergia, em Itamarandiba – MG, de setembro de 2017 a dezembro de 2018, cujos trabalhos foram divididos em quatro capítulos. No primeiro, foram testadas cinco concentrações de AIB (0, 1.000, 3.000, 6.000 e 9.000 mg L⁻¹) e presença ou ausência de estufim no enraizamento. A utilização de maiores concentrações da auxina (6.000 e 9.000 mg L⁻¹) proporcionou melhores respostas ao enraizamento das miniestacas na saída da área de pleno sol. No segundo capítulo, foram testadas cinco concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e quatro tempos de estufim (0, 15, 30 e 45 dias) no enraizamento. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB e maiores tempos das minicepas sob estufim proporcionaram maior percentual de enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular para o material genético em estudo. No terceiro capítulo, foram testadas cinco concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e dois tempos de permanência das minicepas sob o estufim (40 e 70 dias) no enraizamento. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou melhor resultado das mudas quanto ao enraizamento e qualidade de raiz e o tempo de uso de estufim não influenciou de forma significativa na produção de mudas. Já no quarto capítulo, foram testados quatro tempos de permanência das minicepas sob o estufim (0, 15, 30 e 45 dias) na produtividade de minicepas de *E. urophylla* x *E. pellita*. O uso de maiores tempos de estufim ocasionou maior produção de miniestacas por minicepa, aumento da altura e do teor de clorofila, além de menor área foliar e biomassa seca das miniestacas em relação à não utilização, sendo vantajoso na operação de manejo do minijardim clonal.

Palavras-chave: Clonagem; Hibridação; Enraizamento.

ABSTRACT

Although there is great variability of species and crosses within the *Eucalyptus* genus, the search for a more productive, less water-demanding, less nutrient-demanding, pest-resistant genetic material, that is also more resistant to diseases and more adaptive to various purposes is constant. However, some species and clones of this genus present difficulties in the seedling production process by rooting cuttings. This work aimed to evaluate minicutting's rooting and the productivity of minicuttings for miniceps of a hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita* clone. The experiments were conducted in the seedling nursery of the Aperam Bioenergia Company, located in Itamarandiba – Minas Gerais, from September 2017 to December 2018, period in which the work was divided in four chapters. In the first, five concentrations of IBA (0, 1.000, 3.000, 6.000 and 9.000 mg L⁻¹) and the presence or absence of mini-tunnels in the rooting were tested. The use of higher concentrations of IBA (6.000 and 9.000 mg L⁻¹) provided better responses to the minicuttings rooting at the exit of the area of full sun. In the second chapter, five concentrations of IBA (0, 1.000, 2.000, 4.000 and 8.000 mg L⁻¹) and four different periods of time the mini-tunnel (0, 15, 30 and 45 days) was used in the rooting were tested. The use of 8.000 mg L⁻¹ of IBA and longer periods of time of miniceps in the mini-tunnel provided higher rooting percentage and higher rooting system's quality for the genetic material under study. In the third chapter, five concentrations of IBA (0, 1.000, 2.000, 4.000 and 8.000 mg L⁻¹) and two different periods of time in the mini-tunnel (40 and 70 days) were tested. The use of 8.000 mg L⁻¹ of IBA provided improved seedling results in rooting and root quality, and the time of use of the mini-tunnels had no significantly influence on seedling production. As for the fourth chapter, four different periods of time the *E. urophylla* x *E. pellita* miniceps were in the mini-tunnel (0 – control variable, 15, 30 and 45 days) were tested. The use of the mini-tunnels for a larger period of time caused a higher minicuttings for miniceps production, height increase, increase in chlorophyll levels, apart from smaller leaf area and minicutting's dry biomass in relation to non-use, being advantageous in the management operation of the mini clonal garden.

Key words: Cloning; Hybridization; Rooting.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1** – Visão geral do estufim21
- Figura 2** - Altura média de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias. Médias seguidas de letras diferentes em cada ambiente (com e sem estufim) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....28
- Figura 3** - Comprimento médio da maior raiz de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias. Médias seguidas de letras diferentes em cada ambiente (com e sem estufim) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)..... 29
- Figura 4** - Percentual médio de enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias.33

CAPÍTULO 2

- Figura 1** - Classificação da qualidade do sistema radicular de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.....44
- Figura 2** - Qualidade do sistema radicular de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D)52

CAPÍTULO 3

- Figura 1** - Classificação da qualidade do sistema radicular de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.....62
- Figura 2**- Percentual de enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias.....67

Figura 3 - Percentual de enraizamento de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L ⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias.....	69
Figura 4 - Qualidade do sistema radicular de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L ⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.....	70

CAPÍTULO 4

Figura 1 - Produtividade total (PT) e produtividade efetiva (PE) de miniestacas por minicepas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta a quatro tempos de estufim.....	81
Figura 2 - Altura média de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta a quatro tempos de estufim.....	82
Figura 3 - Área foliar de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta a quatro tempos de estufim.....	82
Figura 4 - Massa seca de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta a quatro tempos de estufim.....	83
Figura 5 - Teores de clorofila a (CA), b (CB) e total (CT) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> em resposta a quatro tempos de estufim.....	83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), comprimento da maior raiz (MR, g) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	25
Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	26
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), comprimento da maior raiz (MR, cm) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	27
Tabela 4 - Valores médios para as variáveis diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	30
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), comprimento da maior raiz (MR, cm) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	31
Tabela 6 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	32

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	45
Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	46
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	47
Tabela 4 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	48
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	49
Tabela 6 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	50
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para qualidade do sistema radicular (QR) de miniestacas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i> , na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....	51

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) para miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....63

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA) de miniestacas do clone de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....64

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) para miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....65

Tabela 4 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....66

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) para miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....67

Tabela 6 - Valores médios para as variáveis percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.....68

CAPÍTULO 4

Tabela 1 - Fertilizantes e quantidades das soluções utilizadas na fertirrigação das minicepas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*, no minijardim clonal.....79

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as características produtividade total de miniestacas por minicepas (PT); produtividade efetiva de miniestacas por minicepas (PE); e altura (H), massa seca (MS), área foliar (AF), clorofila a (CA), clorofila b (CB) e clorofila total (CT) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, em função dos tempos de estufim.....81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. OBJETIVO GERAL.....	15
2.1. Objetivos Específicos.....	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO 1 - UTILIZAÇÃO DO ESTUFIM E DO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE UM CLONE HÍBRIDO DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell	
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1. Área de estudo.....	22
2.2. Material genético e formação do minijardim clonal	22
2.3. Manejo e nutrição de minicepas.....	23
2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas	23
2.5. Sistema de produção de mudas	23
2.6. Procedimentos estatísticos.....	24
3. RESULTADOS	25
4. DISCUSSÃO.....	33
5. CONCLUSÕES	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO 2 - TEMPOS DE EXPOSIÇÃO AO ESTUFIM E CONCENTRAÇÕES DE AIB NA MINIESTAQUIA DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell..	
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1. Área de estudo.....	41
2.2. Material genético e formação do minijardim clonal	41
2.3. Manejo e nutrição de minicepas.....	42
2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas	42
2.5. Sistema de produção de mudas	43
2.6. Procedimentos estatísticos.....	44
3. RESULTADOS	45
4. DISCUSSÃO.....	52
5. CONCLUSÕES	54

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPÍTULO 3 - ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell COM USO DE ESTUFIM E AIB	56
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1. Área de estudo	59
2.2. Material genético e formação do minijardim clonal	59
2.3. Manejo e nutrição de minicepas	60
2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas	60
2.5. Sistema de produção de mudas	60
2.6. Procedimentos estatísticos	62
3. RESULTADOS	62
4. DISCUSSÃO	70
5. CONCLUSÕES	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO 4 - TEMPOS DE EXPOSIÇÃO AO ESTUFIM NA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.....	75
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
3. RESULTADOS	80
4. DISCUSSÃO	84
5. CONCLUSÕES	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
CONCLUSÕES GERAIS	89

1. INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e ilhas adjacentes e possui cerca de 700 espécies, sendo considerado um alto número quando comparado a outros gêneros florestais (Harwood, 2011). Características como rápido crescimento, boa adaptabilidade a diferentes tipos de solo e alta qualidade das fibras contribuem para o crescente interesse nas espécies do gênero (Paiva et al., 2011).

Os plantios de eucalipto no Brasil ocupam uma área de 7,4 milhões de hectares, o que representa 75,2% do total da área de árvores plantadas no país, sendo localizado, principalmente, em Minas Gerais (24,5%), São Paulo (16,7%), Mato Grosso do Sul (15,5%), Bahia (10,8%), Rio Grande do Sul (5,4%), Paraná (5,2%) e Espírito Santo (4,1%) (IBÁ, 2015).

Devido à grande quantidade de espécies e cruzamentos dentro do gênero *Eucalyptus*, a busca por material genético mais produtivo, menos exigente por água e nutrientes, resistente a pragas e doenças e mais adequado a diversas finalidades de uso é constante. A utilização de técnicas como hibridação e clonagem visa melhorar a produtividade, atender inúmeras finalidades da exploração e reduzir os custos de produção (Miguel, 2009).

Os híbridos entre *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus pellita* tem sido fonte de estudos para o setor energético, apresentando-se como alternativa para futuros plantios florestais, principalmente em função de características como densidade básica e incremento médio. Apesar dos avanços, existem poucas informações quanto à produção de mudas por enraizamento de estacas de clones superiores advindos da hibridação entre estas espécies.

Para a propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp., utiliza-se a técnica de miniestaquia, que é empregada com êxito na propagação da maioria dos clones selecionados. As principais vantagens são a redução da área de produção de proágulos (minijardins clonais), diminuição do período de enraizamento e aclimatação e, principalmente, redução do uso de reguladores vegetais para indução do enraizamento (Mendonça, 2011). No entanto, alguns genótipos de *Eucalyptus* apresentam dificuldades no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas (Borges et al., 2011).

A formação de raízes em estacas é um processo complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem às raízes adventícias. Ainda que as técnicas sejam bastante consolidadas, são observadas diferenças em relação ao percentual de

enraizamento das estacas entre as espécies de eucalipto, bem como entre clones de uma mesma espécie (Azevedo, 2014).

Visando melhorar o enraizamento de estacas de *Eucalyptus*, o uso de substâncias promotoras de enraizamento, principalmente auxinas, mesmo em pequenas quantidades, podem apresentar efeito significativo (Ferreira et al., 2015). A auxina mais utilizada no enraizamento de *Eucalyptus* tem sido o ácido-indol-3-butírico (AIB) (Brondani et al., 2010; Borges et al., 2011).

Outro fator importante no processo de produção de mudas é a capacidade produtiva do viveiro. Para favorecer as condições de crescimento e produção das cepas, tem sido introduzidas técnicas como o uso de estufim, que consiste na cobertura dos minijardins clonais por um túnel plástico, se mostrando promissor para obtenção de ganhos na produtividade de estacas (Oliveira, 2016).

Alguns trabalhos indicam que o uso de estufins aumenta a produtividade das minicepas e também o enraizamento de miniestacas, além de reduzir a formação de calos durante o processo de enraizamento das estacas (Assis, 2011). Estudos pioneiros com estufins realizados em Minas Gerais demonstraram melhoria significativa na qualidade do sistema de enraizamento de propágulos, aumentando a produção de estacas das cepas e o sucesso do enraizamento em clones de algumas espécies de eucalipto (Batista et al., 2015).

1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve por objetivo avaliar o enraizamento de miniestacas e a produtividade de miniestacas em minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

1.1. Objetivos Específicos

- i) Avaliar o efeito da utilização do estufim e de concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.
- ii) Avaliar o efeito de períodos de exposição ao estufim na produtividade de miniestacas por minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assis TF. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. In: **BMC proceedings**. BioMed Central, v. 5, n. 7, p. I18, 2011.
- Azevedo GTOS. **Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 60 f.
- Batista AF, Santos GA, Silva LD, Quevedo FF, Assis TF. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, n. 2, p. 65-72, 2015.
- Borges SR, Xavier A, Oliveira LS, Melo LA, Rosado AM. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- Brondani GE, Grossi F, Wendling I, Dutra LF, Araujo MA. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 32, n. 3, p. 667-674, 2010.
- Ferreira EV, Baccarin FJB, Silva DDA, Vespucci IL, Almeida BL. Influência da concentração e tempo de exposição ao AIB na rizogênese do *Eucalyptus urograndis*. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG**, 2015.
- Harwood C. Introductions: doing it right. In: Walker J. (Ed.), Developing a Eucalypt Resource. Learning from Australia and Elsewhere. **Christchurch: Wood Technology Research Centre**, University of Canterbury, 2011.
- IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). **Indicadores do setor brasileiro de árvores plantadas**. 2015. 80 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em 20 jan. 2019.
- Mendonça EG. **Transformação genética e rejuvenescimento in vitro de híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla***. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, MG. 2011. 69 f.
- Miguel EP. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, PR. 2009. 165 f.

Oliveira AS. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufas: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas.** Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016. 92 f.

Paiva JAP, Prat E, Vautrin S, Santos M, San-clemente H, Brommonschenkel S, Fonseca PGS, Grattapaglia D, Song X, Ammiraju MSS, Kudrna D, Wing RA, Freitas AT. Advancing *Eucalyptus* genomics: identification and sequencing of lignin biosynthesis genes from deep-coverage BAC libraries. **BMC Genomics**, v, 12, n. 1, p. 137, 2011.

CAPÍTULO 1 - UTILIZAÇÃO DO ESTUFIM E DO ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NO ENRAIZAMENTO DE UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus pellita* F. Muell

RESUMO – O enraizamento adventício de miniestacas é um processo complexo e decisivo no processo de produção de mudas. Melhorias no enraizamento de estacas de *Eucalyptus* podem ser obtidas utilizando substâncias promotoras de enraizamento, como auxinas, além de métodos que auxiliam na produtividade de minicepas e na qualidade do sistema radicular, como o uso de estufim. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização do estufim e de concentrações da auxina ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de eucalipto. O trabalho foi conduzido no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais, onde foram testadas cinco concentrações de AIB (0 – controle, 1.000, 3.000, 6.000 e 9.000 mg L⁻¹) e presença ou ausência de estufim. Foram avaliadas as características de altura, diâmetro do coleto, comprimento da maior raiz, percentual de enraizamento e matéria seca da parte aérea das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol. O uso de maiores concentrações de AIB proporcionou melhores respostas ao enraizamento das miniestacas e o estufim influenciou a altura, o comprimento da maior raiz e o percentual de enraizamento das miniestacas na saída da área de aclimação.

Palavras-chave: Miniestaquia; Auxina; Clonagem.

ABSTRACT

The adventitious rooting of miniceps is a complex and decisive process in the seedling production process. Improvements in the rooting of eucalyptus cuttings can be obtained using rooting promoting substances, as auxins, as well as methods that aid miniceps's productivity and root system's quality, such as the use of mini-tunnels. In this sense, this work aims to evaluate the effect of the use of mini-tunnels and concentrations of auxin indolebutyric acid (IBA) in the rooting of minicuttings of a hybrid of eucalyptus clone. The work was conducted in the seedling nursery of the Aperam Bioenergia Company, located in the municipality of Itamarandiba, Minas Gerais, where five concentrations of IBA (0 – control variable, 1.000, 3.000, 6.000 and 9.000 mg L⁻¹) and the presence or absence of mini-tunnels were tested. Height characteristics, root collar diameter, length of the largest root, rooting percentage and dry matter from the miniceps's aerial part at the exit of the greenhouse, at the exit of the acclimatization area and at the exit of the area of full sun were all evaluated. The use of higher concentrations of IBA provided better responses to the minicutting's rooting and the mini-tunnel influenced the height, the largest root's length and the rooting percentage of the minicuttings at the exit of the acclimatization area.

Key words: Minicuttings; Auxin; Cloning.

1. INTRODUÇÃO

Espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis pelas maiores áreas de reflorestamento no mundo. Isso se deve ao grande número de espécies pertencentes a este gênero e à grande plasticidade ecológica, tornando-o matéria-prima de inúmeras indústrias florestais que visam atender a crescente demanda de mercado por madeiras destinadas à produção de energia, celulose, papel, óleos essenciais e para a construção civil (Mendonça, 2011).

As técnicas de produção de mudas clonais, juntamente com a implantação de programas de melhoramento genéticos, alavancaram os ganhos em produtividade dos plantios de eucalipto. A obtenção de híbridos mais produtivos, resistentes a doenças e com boa qualidade da madeira, permitiu a ampliação da base florestal com custos competitivos (Assis, 2011).

A propagação vegetativa é comumente empregada na multiplicação de materiais-elite e é particularmente importante para a produção de florestas clonais (Welandar et al., 2014), em razão do aumento da uniformidade do crescimento, qualidade e quantidade de madeira a ser produzida (Valeri et al., 2012).

Na propagação clonal de *Eucalyptus* spp., utiliza-se, principalmente, a técnica de miniestaquia, que é empregada com êxito na propagação da maioria dos clones selecionados. As principais vantagens dessa técnica são a redução da área de produção de propágulos (minijardins clonais), diminuição do período de enraizamento e aclimação e, principalmente, redução do uso de reguladores vegetais para indução do enraizamento (Mendonça, 2011).

No entanto, o enraizamento adventício em propágulos vegetativos, como no caso da miniestaquia, é um processo extremamente complexo e é influenciado por vários fatores que podem atuar em conjunto ou isoladamente. Dentre estes, destacam-se aqueles relacionados ao processo de estaqueamento, como uso de fitormônios, umidade, temperatura, luz e substrato, e os relacionados ao material vegetal, como o potencial de enraizamento do genótipo, a condição fisiológica e a idade da planta fornecedora dos brotos, a posição e tamanho dos brotos e a época do ano em que o propágulo é obtido (Hartmann et al., 2011; Costa et al., 2013; Xavier et al., 2013; Oliveira, 2016).

Visando melhorar o enraizamento de estacas de *Eucalyptus*, o uso de substâncias promotoras de enraizamento, principalmente auxinas, mesmo em pequenas quantidades, podem apresentar efeito significativo (Ferreira et al., 2015). A auxina mais utilizada no

enraizamento de *Eucalyptus* tem sido o ácido-indol-3-butírico (AIB) (Brondani et al., 2010; Borges et al., 2011), devido à sua menor mobilidade, fotossensibilidade e maior estabilidade química na planta (Hartmann et al., 2011; Alves, 2014).

O AIB, além de promover a formação de raízes em estacas, acelera a iniciação radicular, aumenta o número e a qualidade de raízes produzidas e aumenta a uniformidade de enraizamento (Fachinello et al., 2005).

Além das auxinas, diversos outros fatores exercem influência na produção e enraizamento das estacas de eucalipto, como temperatura, umidade e luminosidade, que atuam sobre as condições fisiológicas da planta matriz e, consequentemente, na qualidade das estacas (Oliveira, 2016).

Uma das tecnologias que vem sendo utilizada na propagação do eucalipto em minijardim clonal é o estufim, que consiste em uma estufa que abrange uma área menor, em forma de túnel e revestida por plástico. O emprego do estufim promove alterações no ambiente de desenvolvimento das plantas, como o aumento da temperatura e umidade relativa do ar (Assis, 2011), que são variáveis determinantes para a produção das estacas.

Os estufins possuem estrutura tubular, fabricado em aço galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD).



Figura 1 – Visão geral do estufim.

Quando plantas de eucalipto são mantidas sob os estufins, uma série de alterações na morfologia foliar é verificada, em que as folhas se tornam menores, mais estreitas e com coloração mais clara. Com folhas menores é possível utilizar miniestacas com folhas inteiras, reduzindo significativamente seus custos de preparação. Estudos preliminares mostram que o

uso de cobertura plástica transparente, mantendo o ambiente das minicepas úmido e quente, aumenta a produtividade de miniestacas e também o enraizamento, além de melhorar sua qualidade por reduzir a formação de calos (Assis, 2014).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização do estufim e de concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O trabalho foi conduzido de setembro a dezembro de 2017 no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais (17°51'24" S e 42°51'40" W). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A pluviosidade média é de 1050 mm ao ano e as temperaturas médias oscilam entre 16,5 e 22,1°C (Silva e Ferreira, 2011).

2.2. Material genético e formação do minijardim clonal

Utilizou-se genótipo superior do híbrido de *E. urophylla* x *E. pellita*, obtido por meio de polinização controlada, o qual foi selecionado aos 96 meses de idade. A matriz que originou os clones foi plantada no município de Itamarandiba, estado de Minas Gerais, em 2001, no espaçamento de 3 x 3 m que, aos 88 meses, apresentava densidade básica de 583 kg/m³ e incremento médio anual (IMA) de 35 m³/ha/ano.

As mudas, originadas de brotações da segunda geração de estaqueamento do jardim clonal e enraizadas em casa de vegetação, foram plantadas em maio de 2016 em canaletões de fibrocimento contendo cascalho (granulometria entre 2 e 5 mm) e brita, com espaçamento de 10 x 10 cm, sob sistema semi-hidropônico de irrigação.

Decorridos 21 dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda da brotação apical para formar as minicepas, a partir do desenvolvimento das brotações basais induzidas pela quebra da dominância apical, constituindo-se o minijardim clonal.

Os estufins utilizados para cobertura dos canaletões possuíam estrutura tubular, com dimensões de 0,80 x 16,30 x 0,50 m (largura x comprimento x altura), fabricado de aço

galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 μm .

2.3. Manejo e nutrição de minicepas

Antes da instalação do experimento, o minijardim clonal foi mantido aberto e procedeu-se a limpeza semanal do sistema, eliminando folhas, brotações e minicepas mortas. As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, a qual foi distribuída sete vezes ao dia a uma vazão total de 9,3 L m⁻².

A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato em pó (1,55 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,5 g L⁻¹), cloreto de potássio em pó (0,6 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,5 g L⁻¹), sulfato de zinco (4 mg L⁻¹), hidroferro (24 mg L⁻¹), ácido bórico (11 mg L⁻¹), sulfato de manganês (14 mg L⁻¹) e sulfato de cobre (2 mg L⁻¹). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida entre 1,5 a 1,8 mS m⁻² e o pH ajustado a 5,7 ($\pm 0,1$), corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas

As brotações dos clones de *E. urophylla* x *E. pellita* foram coletadas no período matinal, a fim de se reduzir a evapotranspiração das miniestacas. Durante todo o processo, as brotações foram armazenadas em caixas de isopor contendo água fria para minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais. As miniestacas foram retiradas de dois canaletões sob diferentes condições: um canaletão estava coberto com estufim por 15 dias e foi aberto no dia anterior à coleta das miniestacas e o outro permaneceu aberto durante todo o período.

Logo após a coleta das brotações, as miniestacas foram preparadas com dimensão de 10 cm (± 1 cm), contendo de um a dois pares de folhas e sem redução da área foliar, sendo feito um corte reto na parte basal.

2.5. Sistema de produção de mudas

Para produção das mudas, a porção basal das miniestacas foi mergulhada em diferentes soluções contendo 0 (controle), 1.000, 3.000, 6.000 e 9.000 mg L⁻¹ de AIB durante 10 segundos, conforme os tratamentos.

Logo após, as miniestacas foram introduzidas em tubetes cônicos de 55 cm³, com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal no substrato de cultivo, o qual foi composto da mistura de vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco (2:1:1 v/v).

Para a promoção dos processos rizogênicos, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação coberta com filme de polietileno transparente com 150 μm de espessura, umidade

relativa do ar $\geq 90\%$, temperatura do ar $< 35^{\circ}\text{C}$ e irrigação por sistema de microaspersão com vazão de 85 L h^{-1} ($1,4 \text{ L min}^{-1}$), durante 35 s a cada 40 min. Após 30 dias em casa de vegetação, as miniestacas foram transferidas para aclimação com sombrite de 50%, onde permaneceram por 10 dias e, posteriormente, para uma área de pleno sol por mais 50 dias, visando a rustificação.

Na fase de aclimação, realizou-se duas adubações semanais de cobertura com 100 mL muda^{-1} da seguinte formulação: sulfato de amônio (27 g L^{-1}), nitrato de cálcio (75 g L^{-1}), KRISASOL 06-12-36 + micros (12 mL L^{-1}), hidroferro (5 g L^{-1}) e solução de micronutrientes (20 g L^{-1}). A adubação de cobertura foi feita até as mudas atingirem 25 cm de altura (65 a 75 dias após estaqueamento). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h^{-1} ($5,8 \text{ L min}^{-1}$), durante 20 min, de 4 a 6 vezes ao dia.

Na fase de rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 mL muda^{-1} da seguinte formulação: nitrato de cálcio (38 g L^{-1}), KRISASOL 06-12-36 + micros (60 mL L^{-1}), hidroferro (5 g L^{-1}), cloreto de potássio (130 g L^{-1}) e solução de micronutrientes (20 g L^{-1}). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h^{-1} ($5,8 \text{ L min}^{-1}$), durante 20 min, de 2 a 3 vezes ao dia.

Ao longo do experimento avaliou-se altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol.

A altura da parte aérea foi mensurada a partir do nível do substrato até o meristema apical, com uma régua, e o diâmetro do coleto foi medido ao nível do substrato, com o auxílio de paquímetro digital. Para determinar o peso da matéria seca da parte aérea, foi feita a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados no arranjo fatorial (2×5), sendo os fatores constituídos por presença e ausência de estufim e cinco concentrações de AIB, com quatro blocos, contendo 40 miniestacas por parcela. Para mensuração das características, foram utilizadas cinco mudas por repetição em cada avaliação.

2.6.Procedimentos estatísticos

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e ao de Bartlett e, em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Os dados foram comparados pelo teste

de Tukey a 5% de significância com auxílio do pacote estatístico ExpDes.pt versão 1.2.0 (Ferreira et al., 2018), utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS

De acordo com a ANOVA, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da interação estufim x concentrações de AIB, aos 30 dias, na saída da casa de vegetação. No entanto, ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator AIB em relação às características altura e diâmetro do coleto (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), comprimento da maior raiz (MR, g) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios				
		H	DC	R	MR	MSPA
Bloco	3	8,98 *	0,07 ^{ns}	1583,33 *	24,64 ^{ns}	0,008 ^{ns}
AIB	4	5,21 *	0,14 *	615,00 ^{ns}	24,21 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Estufim	1	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	490,00 ^{ns}	13,24 ^{ns}	0,001 ^{ns}
AIB x Estufim	4	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	215,00 ^{ns}	34,38 *	0,005 ^{ns}
Resíduo	27	1,85	0,04	494,44	16,29	0,004

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; * Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Para altura média, a aplicação de 9.000 mg L⁻¹ de AIB apresentou acréscimo de 21,4% na altura das mudas em detrimento da não-aplicação. Em relação ao diâmetro do coleto, a concentração de 6.000 mg L⁻¹ (2,09 mm) diferiu estatisticamente da concentração de 1.000 mg L⁻¹ (1,81 mm), apresentando um acréscimo de 15,5% (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB					
Tratamentos	H	DC	MR	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	9,8 b	1,87 ab	13,8 ^{ns}	42,5 ^{ns}	0,18 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	10,1 ab	1,81 b	15,0 ^{ns}	47,5 ^{ns}	0,20 ^{ns}
3.000 mg L ⁻¹	10,7 ab	1,88 ab	15,9 ^{ns}	55,0 ^{ns}	0,22 ^{ns}
6.000 mg L ⁻¹	10,9 ab	2,09 a	18,3 ^{ns}	57,5 ^{ns}	0,22 ^{ns}
9.000 mg L ⁻¹	11,9 a	2,08 ab	17,1 ^{ns}	65,0 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Estufim					
Com	10,7 ^{ns}	1,95 ^{ns}	15,4 ^{ns}	57 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Sem	10,6 ^{ns}	1,95 ^{ns}	16,6 ^{ns}	50 ^{ns}	0,21 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Na saída da área de aclimação, aos 40 dias, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores testados para as características altura e comprimento da maior raiz. Para o diâmetro do coleto houve efeito significativo do fator AIB e para o percentual de enraizamento os dois fatores isoladamente foram significativos (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios				
		H	DC	R	MR	MSPA
Bloco	3	9,29 *	0,01 ^{ns}	1130,0 *	82,53 *	0,048 *
AIB	4	16,77 *	0,76 *	2265,0 *	87,37 ^{ns}	0,037 ^{ns}
Estufim	1	19,14 *	0,11 ^{ns}	2250,0 *	42,37 ^{ns}	0,001 ^{ns}
AIB x Estufim	4	8,81 *	0,03 ^{ns}	425,0 ^{ns}	44,89 *	0,007 ^{ns}
Resíduo	27	2,85	0,32	292,96	10,66	0,015

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; * Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Analisando-se a altura média das miniestacas em função do AIB dentro do fator estufim, observou-se que sem o uso dessa estrutura houve tendência de aumento da altura com o aumento das concentrações de AIB, sendo máxima (15,1 cm) na concentração de 9.000 mg L⁻¹, representando acréscimo de 31,3% comparado ao tratamento controle (Figura 2). Com o uso do estufim, a maior altura (15,6 cm) foi obtida no tratamento 6.000 mg L⁻¹ (44,4% superior em relação ao controle).

Ao analisar a presença ou ausência do estufim dentro de cada concentração de AIB, de modo geral, sua presença proporcionou melhores resultados em relação à altura das mudas. Na concentração de 3.000 mg L⁻¹, a altura média foi de 15,4 cm com o uso do estufim e 11,6 cm sem o estufim. Na concentração de 6.000 mg L⁻¹, o uso do estufim apresentou acréscimo de 23,8% na altura em relação a ausência do mesmo, com 15,6 e 12,6 cm, respectivamente (Figura 2).

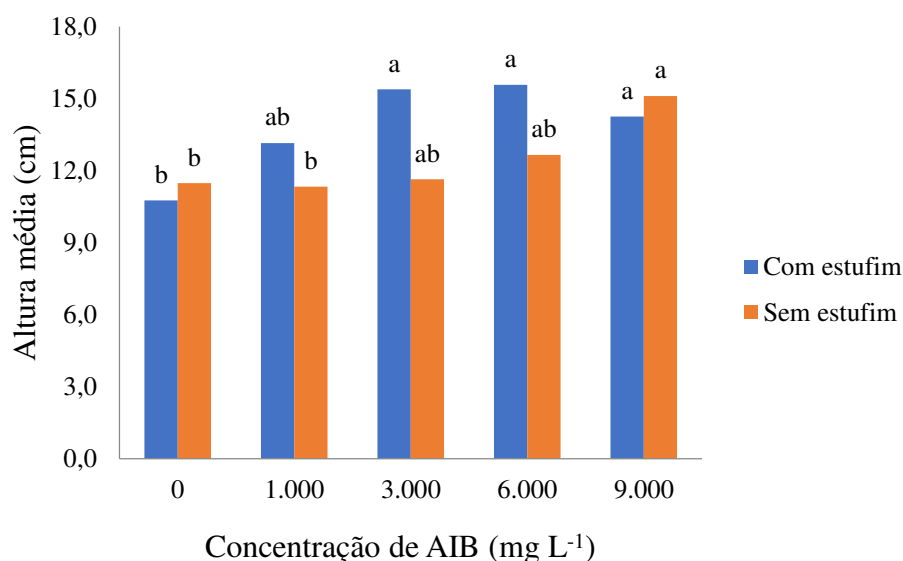


Figura 2 - Altura média de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias. Médias seguidas de letras diferentes em cada ambiente (com e sem estufim) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao comprimento da maior raiz, independente do uso ou não do estufim, a presença do AIB foi positiva para o crescimento das raízes. Na presença do estufim, as mudas apresentaram maior crescimento (16,5 cm) quando aplicada a concentração de 3.000 mg L⁻¹ de AIB. Na ausência do estufim, o desenvolvimento das raízes foi diretamente proporcional ao aumento das concentrações, sendo observado um acréscimo de 175% no comprimento da raiz ao aplicar 9.000 mg L⁻¹ de AIB em detrimento da não-aplicação (Figura 3).

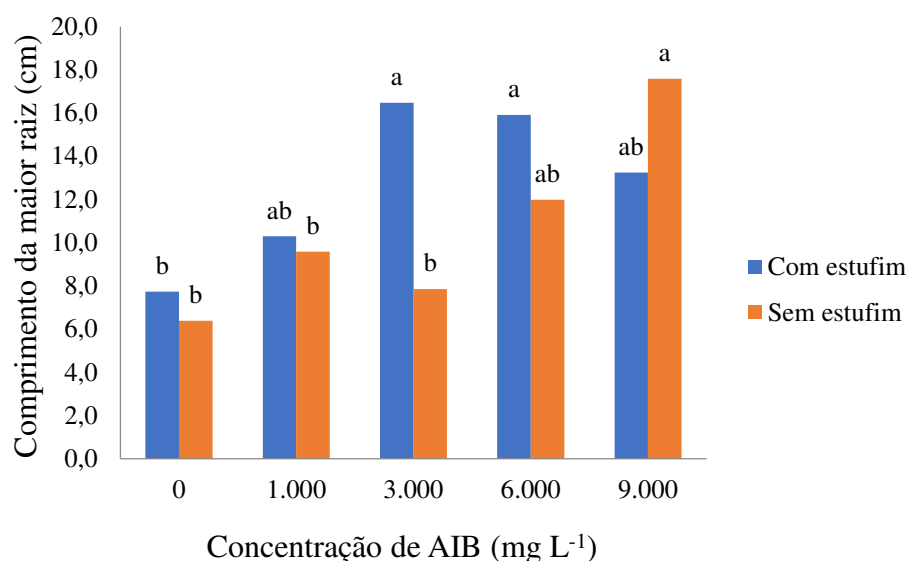


Figura 3 – Comprimento médio da maior raiz de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias. Médias seguidas de letras diferentes em cada ambiente (com e sem estufim) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A concentração de AIB influenciou significativamente ($p < 0,05$) no diâmetro de coleto e percentual de enraizamento das miniestacas (Tabela 4). À medida que a concentração de AIB aumentou, houve acréscimo das variáveis analisadas. Para o diâmetro do coleto, a concentração de 9.000 mg L⁻¹ (2,25 mm) diferiu estatisticamente da concentração de 0 mg L⁻¹ (1,85 mm). Em relação ao percentual de enraizamento, foi observado um acréscimo de 113,3% com a aplicação de 9.000 mg L⁻¹ de AIB (80%) em relação a não-aplicação (37,5%). Além disso, a presença do estufim proporcionou acréscimo geral de 27,8% no enraizamento das mudas em relação ao não uso do mesmo (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios para as variáveis diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB			
Tratamentos	DC	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	1,85 ab	37,5 c	0,27 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	1,82 b	52,5 bc	0,33 ^{ns}
3.000 mg L ⁻¹	2,56 a	65 ab	0,40 ^{ns}
6.000 mg L ⁻¹	2,19 ab	72,5 ab	0,41 ^{ns}
9.000 mg L ⁻¹	2,25 a	80,0 a	0,44 ^{ns}
Estufim			
Com	2,1 ^{ns}	69 a	0,38 ^{ns}
Sem	2,2 ^{ns}	54 b	0,37 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Apesar de não haver efeito significativo para a massa seca da parte aérea, o aumento da concentração de AIB proporcionou maiores valores desta variável, chegando a 0,44 g quando aplicados 9.000 mg L⁻¹ de AIB e 0,27 g com a não-aplicação (Tabela 4).

Ao avaliar as mudas na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, as variáveis altura, diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator concentração de AIB (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), comprimento da maior raiz (MR, cm) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios				
		H	DC	R	MR	MSPA
Bloco	3	2,92 ^{ns}	2,01 ^{ns}	133,33 ^{ns}	17,67 [*]	0,03 ^{ns}
AIB	4	52,52 [*]	0,22 [*]	1015,00 ^{ns}	14,70 ^{ns}	0,77 [*]
Estufim	1	2,92 ^{ns}	0,68 ^{ns}	160,00 ^{ns}	10,71 ^{ns}	0,06 ^{ns}
AIB x Estufim	4	19,49 ^{ns}	1,42 ^{ns}	185,00 ^{ns}	12,53 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Resíduo	27	9,00	0,92	607,41	5,44	0,08

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

À medida que a concentração de AIB aumentou, houve aumento das variáveis analisadas. Para o diâmetro do coleto, a concentração de 9.000 mg L⁻¹ (2,93 mm) diferiu estatisticamente da concentração de 0 mg L⁻¹ (2,64 mm). Em relação à altura e massa seca da parte aérea, ao aplicar 9.000 mg L⁻¹ de AIB foram observados valores de 21,2 cm e 1,3 g de massa seca da parte aérea, representando acréscimo de 40,4% e 120,3%, respectivamente, em relação a não-aplicação (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), comprimento da maior raiz (MR, cm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB					
Tratamentos	H	DC	MR	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	15,1 b	2,64 b	13,3 ^{ns}	72,5 ^{ns}	0,59 c
1.000 mg L ⁻¹	15,0 b	2,71 ab	13,3 ^{ns}	60,0 ^{ns}	0,58 c
3.000 mg L ⁻¹	17,7 ab	2,48 b	12,8 ^{ns}	75,0 ^{ns}	0,86 bc
6.000 mg L ⁻¹	18,0 ab	2,78 ab	13,9 ^{ns}	82,5 ^{ns}	1,05 ab
9.000 mg L ⁻¹	21,2 a	2,93 a	16,2 ^{ns}	90,0 ^{ns}	1,3 a
Estufim					
Com	17,1 ^{ns}	2,84 ^{ns}	13,4 ^{ns}	74,0 ^{ns}	0,84 ^{ns}
Sem	17,7 ^{ns}	2,58 ^{ns}	14,4 ^{ns}	78,0 ^{ns}	0,92 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Mesmo não havendo efeito significativo ($p > 0,05$) para percentual de enraizamento e comprimento da maior raiz na saída da área de pleno sol, o aumento da concentração de AIB foi positivo ao enraizamento, chegando a 90% com raízes medindo, em média, 16,2 cm de comprimento quando aplicados 9.000 mg L⁻¹ de AIB. Quando não aplicado o AIB, o percentual de enraizamento foi de 72,5 e as raízes mediram, em média, 13,3 cm (Tabela 6).

Apesar do estufim não ter influenciado no enraizamento, aos 90 dias, seu uso associado a menores concentrações de AIB proporcionou menor percentual de enraizamento até a concentração de 1.000 mg L⁻¹, enquanto que a não-utilização da estrutura proporcionou maior percentual de enraizamento quando associado a concentrações superiores a 3.000 mg L⁻¹ da auxina (Figura 4).

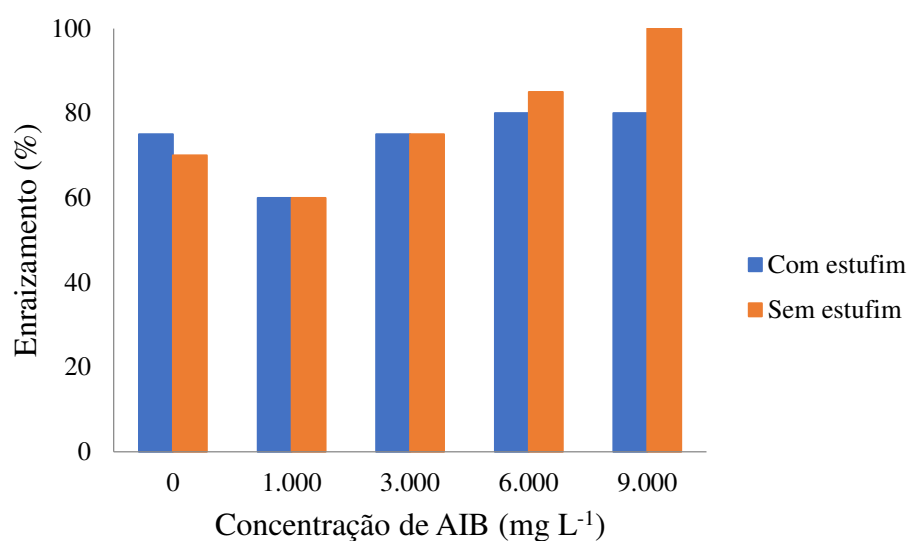


Figura 4 – Percentual médio de enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB na presença e ausência de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias.

4. DISCUSSÃO

A formação de raízes adventícias é um processo complexo e decisivo no processo de produção de mudas, influenciando no tempo de permanência das mudas no viveiro e na qualidade do produto final. Ainda que as técnicas de propagação vegetativa sejam bastante consolidadas, é observado na literatura diferenças em relação ao percentual de enraizamento das estacas entre as espécies de eucalipto, bem como entre clones de uma mesma espécie (Azevedo, 2014).

Para contornar a dificuldade do processo rizogênico, são utilizadas diversas substâncias promotoras do enraizamento, com destaque para as auxinas. Os efeitos da aplicação de auxinas aos processos rizogênicos em propágulos vegetativos de espécies lenhosas são diversos e estão condicionadas à interação de fatores como genótipo, condições fisiológicas e de nutrição mineral da planta matriz, o período e a posição de coleta das estacas, juvenilidade, presença de folhas e gemas e fatores relacionados às condições ambientais (Yasodha et al., 2010; Xavier et al., 2013; Pereira e Peres, 2016; Mendonça et al., 2018). Geralmente, as concentrações consideradas ótimas para a formação de raízes são muito particulares a cada situação (Brondani et al., 2010).

Na saída da casa de vegetação, ao aplicar 9.000 mg L⁻¹ de AIB, 65% das miniestacas que estavam com e sem o estufim foram enraizadas. Ao saírem da aclimação, este valor

aumentou para 85% e 75%, respectivamente, o que indica que o processo rizogênico não cessou na casa de vegetação e que o uso de maiores concentrações de auxina proporcionaram maiores índices de enraizamento. Resultado semelhante foi obtido no enraizamento de miniestacas de clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* na casa de vegetação e de sombra, onde a rizogênese foi completada na casa de sombra (Oliveira et al., 2016).

Diversos estudos vêm sendo realizados para se obter a melhor concentração dos reguladores de crescimento, em especial das auxinas, para o enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. Almeida et al. (2007), estudando diferentes veiculações de AIB, variando nas concentrações de 0 a 6.000 mg L⁻¹, observaram que alguns clones de *E. cloeziana* apresentaram maior potencial rizogênico das miniestacas somente quando tratadas com as maiores concentrações do regulador vegetal, efeito este semelhante ao do presente estudo.

Brondani et al. (2010), testando diferentes concentrações de AIB no enraizamento das miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii*, obtiveram resultados positivos para todos os clones até a concentração de 6.000 mg L⁻¹, em comparação à não-aplicação.

O crescimento a pleno sol é a etapa final de formação da muda, na qual estas apresentam um sistema radicular desenvolvido, ocorrendo a degeneração das estacas com sistema radicular incompleto (Oliveira et al., 2012). Nas condições testadas, as maiores concentrações de AIB proporcionaram aumento no percentual de enraizamento das miniestacas. Ao aplicar 9.000 mg L⁻¹ de AIB, houve enraizamento de 80% e 100% das mudas, com e sem o uso do estufim, respectivamente. Menores percentuais de enraizamento (60%) foram obtidos ao utilizar 1.000 mg L⁻¹ do regulador, independente da presença ou não do estufim.

No enraizamento das miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii*, foi observado enraizamento médio de 43,2% na saída da área de pleno sol para a dose de máxima eficiência técnica, estimada em 4.422 mg L⁻¹ de AIB (Brondani et al., 2008).

Resultados preliminares utilizando-se o estufim demonstraram que a produtividade, o enraizamento, a taxa e a qualidade da raiz são melhoradas com a presença do estufim para *Eucalyptus* spp., reduzindo a formação de calo (Assis, 2014).

Oliveira (2016), testando o efeito do estufim sobre o enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. grandis* produzidas em minijardim clonal observou que a taxa de enraizamento dos clones foi superior no tratamento com estufim quando comparado ao ambiente controle.

5. CONCLUSÕES

- A aplicação de AIB influenciou positivamente no enraizamento de miniestacas, onde os melhores resultados foram alcançados nas concentrações de 6.000 e 9.000 mg L⁻¹ da auxina.
- O estufim influenciou a altura, o comprimento da maior raiz e o percentual de enraizamento das miniestacas na saída da área de aclimação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida FD, Xavier A, Dias JMM, Paiva HN. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Revista Árvore, 2007; 31(3): 455-463.
- Alves EC. Clonagem por estaquia de ramos de *Dovyalis hebecarpa* e *Dovyalis hebecarpa* x *D. abissinica*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, SP, 2014. 33p.
- Assis TF. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the Eucalyptus clonal forestry. BMC Proceedings, 2011; n. 5 (Suppl 7): I18.
- Assis TF. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 2014.
- Azevedo GTOS. Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 60 f.
- Borges SR, Xavier A, Oliveira LS, Melo LA, Rosado AM. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. Revista Árvore, 2011; 35(3): 425-434.
- Brondani GE, Wendling I, Araujo MA, Pires PP. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. Scientia Agraria, 2008; 9(2): 153-158.
- Brondani GE, Grossi F, Wendling I, Dutra LF, Araujo MA. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. Acta Scientiarum. Agronomy, 2010; 32(4): 667-674.

Costa CT, Almeida MR, Ruedell CM, Schwambach J, Maraschin FS, Fett- neto AG. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. *Frontiers in plant science*, 2013; 4: 133.

Fachinello JC, Hoffmann A, Nachtigal JC. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: EMBRAPA, 2005. 221p.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html>>.

Ferreira EV, Baccarin FJB, Silva DDA, Vespucci IL, Baccarin LA. Influência da concentração e tempo de exposição ao AIB na rizogênese do *Eucalyptus urograndis*. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2015.

Hartmann HT, Kester DE, Davies Júnior FT, Geneva RL. Plant propagation: principles and practices. 8ª ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2011. 915p.

Mendonça LP, Batista JN, Magalhães WB, Ferreira JP, Bucher CA. Ácido-indol-3-butírico e época de coleta influenciando no enraizamento de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 2018; 12(2): 176-184.

Mendonça EG. Transformação genética e rejuvenescimento in vitro de híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, MG. 2011; 69 f.

Oliveira LS, Xavier A, Dias PC, Correia ACG, Borges SR, Takahashi EK, Paiva HN. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. *Ciência Florestal*, 2012; 40(96): 507-516.

Oliveira, AS. Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016; 92 f.

Pereira F, Peres F. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 2016; 36(87): 319-326.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>.

Silva MM, Ferreira VO. Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha. *Caderno de Geografia*, 2011; 21(35): 56-73.

Valeri SV, Sá AFL, Martins ABGE, Barbosa JC. Enraizamento de estacas de *Caesalpinia echinata* Lam. em hidroponia. *Ciência Florestal*, 2012; 22(2): 241-250.

Welander M, Geier T, Smolka A, Ahlman A, Fan, J, Zhu L-H. Origin, timing, and gene expression profile of adventitious rooting in *Arabidopsis* hypocotyls and items. *American journal of botany*, 2014; 101(2), 255-266.

Xavier A. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. 2ª ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2013. 279 p.

Yasodha R, Kamala S, Kalaiarasi K. Anatomical and biochemical associated with in vitro rhizogenesis in *Dendrocalamus giganteus*. *Journal of Plant Biochemistry and biotechnology*, 2010; 19(2): 217-222.

CAPÍTULO 2 – INFLUÊNCIA DO USO DE ESTUFIM E AIB NA QUALIDADE DE MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus pellita* F. Muell

RESUMO - O gênero *Eucalyptus* possui grande importância em plantios florestais comerciais que visam a produção de papel, celulose, madeira e carvão, por apresentar crescimento rápido e ser muito adaptado às diversas condições edafoclimáticas. No entanto, algumas espécies e clones deste gênero apresentam dificuldades no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas. Algumas alternativas vêm sendo utilizadas para contornar a recalcitrância dos clones ao enraizamento, como o uso de reguladores de crescimento e a utilização de estufins no minijardim clonal. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tempo das minicepas sob o estufim e de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*. O trabalho foi conduzido no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais, onde foram testadas cinco concentrações de AIB (0 – controle, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e quatro tempos de estufim (0, 15, 30 e 45 dias). Foram avaliadas as características de altura, diâmetro do coleto, percentual de enraizamento e matéria seca da parte aérea das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol e qualidade do sistema radicular na saída da área de pleno sol. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB e maiores tempos das minicepas sob estufim proporcionaram maior percentual de enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular para o clone em estudo.

Palavras-chave: Enraizamento; Minijardim clonal; Eucalipto.

ABSTRACT

The genus *Eucalyptus* has great importance in commercial forestry plantations aimed at the production of paper, cellulose, wood and coal, for it presents rapid growth and is adapted to the various soil and climate conditions. However, some species and clones of this genus present difficulties in the seedling production process by rooting cuttings. Some alternatives are being used to bypass the clone's recalcitrance to rooting, such as the use of growth regulators and the use of mini-tunnels at the mini clonal garden. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of time on miniceps under the mini-tunnels and of different concentrations of indolebutyric acid (IBA) in miniceps's rooting of a hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita* clone. The work was conducted in the seedling nursery of the Aperam Bioenergia Company, located in the municipality of Itamarandiba, Minas Gerais, where five concentrations of IBA (0 – control variable, 1.000, 2.000, 4.000 and 8.000 mg L⁻¹) and four different periods of time the miniceps were in the mini-tunnel (0, 15, 30 and 45 days) were tested. Height characteristics, root collar diameter, rooting percentage and dry matter from the miniceps's aerial part at the greenhouse's exit, at the acclimatization area's exit and at the area of full sun's exit, and the root system's quality at the exit of the area of full sun were all evaluated. The use of 8.000 mg L⁻¹ of IBA and longer periods of time of miniceps in the mini-tunnel provided higher rooting percentage and higher rooting system's quality for the clone under study.

Key words: Rooting; Mini clonal garden; *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa é uma importante ferramenta para aumentar a competitividade das indústrias de base florestal, alcançando seu maior potencial quando atrelada aos programas de melhoramento genético, estabelecendo florestas clonais de híbridos com maior produtividade e melhor qualidade da madeira (Borges et al., 2011).

O gênero *Eucalyptus* possui grande importância em plantios florestais comerciais que visam a produção de papel, celulose, madeira e carvão, por apresentar crescimento rápido e ser muito adaptado às diversas condições edafoclimáticas (Oliveira, 2016).

No Brasil, a produção de mudas de *Eucalyptus* é feita principalmente por clonagem, que garante a manutenção das características da planta-matriz, fornecendo talhões uniformes, com elevada produtividade e resistente a pragas e doenças.

A miniestaquia é a técnica de propagação vegetativa mais utilizada pelas empresas do setor florestal brasileiro, visando a produção de mudas clonais de *Eucalyptus* sp. Dentre os principais ganhos obtidos, o uso desta técnica possibilitou aumento na taxa de enraizamento, redução da área do jardim clonal, uniformidade das miniestacas, qualidade das mudas clonais e diversificação no sistema de implantação do minijardim clonal (Brondani et al., 2010). No entanto, algumas espécies e clones de *Eucalyptus* apresentam dificuldades no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas (Borges et al., 2011).

A formação de raízes em estacas é um processo complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem às raízes adventícias. Ainda que as técnicas sejam bastante consolidadas, são observadas diferenças em relação ao percentual de enraizamento das estacas entre as espécies de eucalipto, bem como entre clones de uma mesma espécie (Azevedo, 2014).

Visando melhorar o enraizamento de estacas de *Eucalyptus*, o uso de substâncias promotoras de enraizamento, principalmente auxinas (Borges et al., 2011), pode proporcionar maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (Hartmann et al., 2011). Na propagação vegetativa de *Eucalyptus* por miniestaquia, a auxina mais utilizada é o ácido indolbutírico (AIB) (Borges et al., 2011), que tem obtido êxito no enraizamento de estacas. Porém, as concentrações de auxina aplicadas dependerão da espécie, do genótipo, da forma de aplicação, das condições ambientais, entre outros.

Outro fator importante no processo de produção de mudas é a capacidade produtiva do viveiro. Para favorecer as condições de crescimento e produção das cepas, tem sido introduzidas técnicas como o uso de estufim, que consiste na cobertura dos minijardins clonais com um túnel plástico, se mostrando promissor para obtenção de ganhos na produção de estacas (Oliveira, 2016).

Alguns resultados mostram que o uso de estufins aumenta a produtividade das cepas e também o enraizamento, além de reduzir a formação de calos durante o processo de enraizamento das estacas (Assis, 2011). Estudos pioneiros com estufins realizados em Minas Gerais demonstraram melhoria significativa na qualidade do sistema de enraizamento de propágulos, aumentando a produção de estacas das cepas e o sucesso do enraizamento em clones de algumas espécies de eucalipto (Batista et al., 2015).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tempos das minicepas sob o estufim e de concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O trabalho foi conduzido de março a junho de 2018 no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais (17°51'24" S e 42°51'40" W). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A pluviosidade média é de 1050 mm ao ano e as temperaturas médias oscilam entre 16,5 e 22,1°C (Silva e Ferreira, 2011).

2.2. Material genético e formação do minijardim clonal

Utilizou-se um genótipo superior híbrido de *E. urophylla* x *E. pellita*, obtido por meio de polinização controlada, o qual foi selecionado aos 96 meses de idade. A matriz que originou os clones foi plantada no município de Itamarandiba, estado de Minas Gerais, em 2001, no espaçamento de 3 x 3 m que, aos 88 meses, apresentava densidade básica de 583 kg/m³ e incremento médio anual (IMA) de 35 m³/ha/ano.

As mudas, originadas de brotações da segunda geração de estaqueamento do jardim clonal e enraizadas em casa de vegetação, foram plantadas em maio de 2016 em canaletões de

fibrocimento contendo cascalho (granulometria entre 2 e 5 mm) e brita, com espaçamento de 10 x 10 cm, sob sistema semi-hidropônico de irrigação.

Decorridos 21 dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda da brotação apical para formar as minicepas, a partir do desenvolvimento das brotações basais induzidas pela quebra da dominância apical, constituindo-se o minijardim clonal.

Os estufins utilizados para cobertura dos canaletões possuíam estrutura tubular, com dimensões de 0,80 x 16,30 x 0,50 m (largura x comprimento x altura), fabricado de aço galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 μm .

2.3. Manejo e nutrição de minicepas

Antes da instalação do experimento, o minijardim clonal foi mantido aberto e procedeu-se a limpeza semanal do sistema, eliminando folhas, brotações e minicepas mortas. As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, a qual foi distribuída sete vezes ao dia a uma vazão total de 9,3 L m⁻².

A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato em pó (1,55 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,5 g L⁻¹), cloreto de potássio em pó (0,6 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,5 g L⁻¹), sulfato de zinco (4 mg L⁻¹), hidroferro (24 mg L⁻¹), ácido bórico (11 mg L⁻¹), sulfato de manganês (14 mg L⁻¹) e sulfato de cobre (2 mg L⁻¹). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida entre 1,5 a 1,8 mS m⁻² e o pH ajustado a 5,7 ($\pm 0,1$), corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas

As brotações dos clones de *E. urophylla* x *E. pellita* foram coletadas no período matinal, a fim de se reduzir a evapotranspiração das miniestacas. Durante todo o processo, as brotações foram armazenadas em caixas de isopor contendo água fria para minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais. As miniestacas foram retiradas de quatro canaletões sob diferentes condições: três canaletões estavam cobertos com estufim por 15, 30 e 45 dias e foram abertos no dia anterior à coleta das miniestacas e o outro permaneceu aberto durante todo o período.

A pós a coleta das brotações, as miniestacas foram preparadas com dimensão de 10 cm (± 1 cm), contendo de um a dois pares de folhas e sem redução da área foliar, sendo feito um corte reto na parte basal.

2.5. Sistema de produção de mudas

Para produção das mudas, a porção basal das miniestacas foi mergulhada em diferentes soluções contendo 0 (controle), 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB durante 10 segundos, conforme os tratamentos.

Logo após, as miniestacas foram introduzidas em tubetes cônicos de 55 cm³, com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal no substrato de cultivo, o qual foi composto da mistura de vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco (2:1:1 v/v).

Para a promoção dos processos rizogênicos, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação coberta com filme de polietileno transparente com 150 µm de espessura, umidade relativa do ar $\geq 90\%$, temperatura do ar $< 35^{\circ}\text{C}$ e irrigação por sistema de microaspersão com vazão de 85 L h⁻¹ (1,4 L min⁻¹), durante 35 segundos a cada 40 minutos. Após 30 dias em casa de vegetação, as miniestacas foram transferidas para aclimação com sombrite de 50%, onde permaneceram por 10 dias e, posteriormente, para uma área de pleno sol por mais 50 dias, visando a rustificação.

Na fase de aclimação, realizou-se duas adubações semanais de cobertura com 100 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: sulfato de amônio (27 g L⁻¹), nitrato de cálcio (75 g L⁻¹), KRISASOL 06-12-36 + micros (12 mL L⁻¹), hidroferro (5 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A adubação de cobertura foi feita até as mudas atingirem 25 cm de altura (65 a 75 dias após estaqueamento). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h⁻¹ (5,8 L min⁻¹), durante 20 minutos, de 4 a 6 vezes ao dia.

Na fase de rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: nitrato de cálcio (38 g L⁻¹), KRISASOL 06-12-36 + micros (60 mL L⁻¹), hidroferro (5 g L⁻¹), cloreto de potássio (130 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h⁻¹ (5,8 L min⁻¹), durante 20 minutos, de 2 a 3 vezes ao dia.

Ao longo do experimento avaliou-se altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol.

A altura da parte aérea foi mensurada a partir do nível do substrato até o meristema apical, com uma régua, e o diâmetro do coleto foi medido ao nível do substrato, com o auxílio de paquímetro digital. Para determinar o peso da matéria seca da parte aérea, foi feita a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante.

Na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, também foi feita a retirada das mudas remanescentes dos tubetes e analisada a qualidade do sistema radicular das mesmas, que foram classificados em: “ótimo”, para sistema radicular estruturado, com torrão firme e presença de raízes brancas, mostrando maior atividade fisiológica (Figura 1A); “bom”, para sistema radicular estruturado, porém com alguma flexibilidade exigindo maior cuidado no momento do plantio no campo (Figura 1B); “ruim”, para sistema radicular pouco estruturado, não sendo adequado para plantio em campo (Figura 1C) e; “calo” para sistema radicular ausente, com presença de células que não se diferenciaram em raiz (Figura 1D).

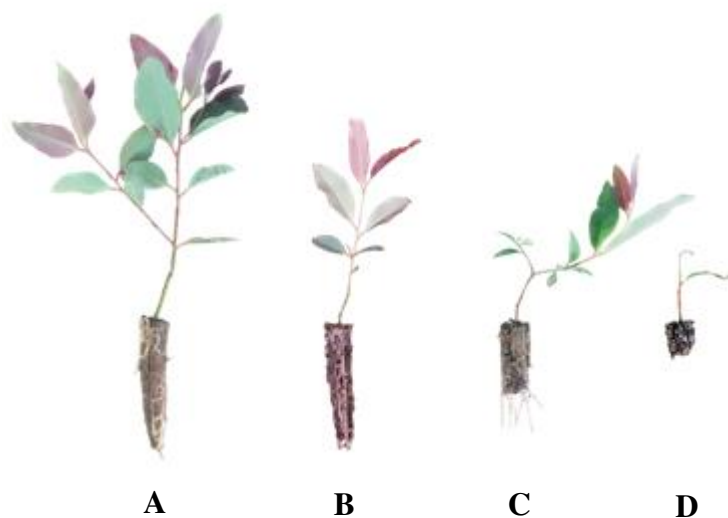


Figura 1 - Classificação da qualidade do sistema radicular de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados no arranjo fatorial (4 x 5), sendo os fatores constituídos por 4 tempos de estufim e cinco concentrações de AIB, com quatro blocos, contendo 88 miniestacas por parcela. Para mensuração das características, foram utilizadas cinco mudas por repetição em cada avaliação.

2.6.Procedimentos estatísticos

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e ao de Bartlett e, em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Os dados foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância com auxílio do pacote estatístico ExpDes.pt versão 1.2.0 (Ferreira et al., 2018), utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS

De acordo com a ANOVA (Tabela 1), na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, houve efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator estufim em relação às variáveis diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea, onde os tempos de 0 e 15 dias das minicepas sob o estufim foram estatisticamente superiores aos tempos de 30 e 45 dias. Para as demais variáveis, não houve efeito significativo em relação aos fatores testados (Tabela 2).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios			
		H	DC	R	MSPA
Bloco	3	3,61 ^{ns}	0,008 [*]	1951,7 ^{ns}	0,004 ^{ns}
AIB	4	0,76 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1705,0 ^{ns}	0,013 ^{ns}
Estufim	3	2,57 ^{ns}	0,008 [*]	1058,3 ^{ns}	0,139 [*]
AIB x Estufim	12	1,49 ^{ns}	0,006 ^{ns}	841,7 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Resíduo	57	1,39	0,001	734,12	0,006

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB				
Tratamentos	H	DC	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	9,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	30,0 ^{ns}	0,23 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	9,8 ^{ns}	1,5 ^{ns}	21,3 ^{ns}	0,21 ^{ns}
2.000 mg L ⁻¹	9,5 ^{ns}	1,5 ^{ns}	32,5 ^{ns}	0,22 ^{ns}
4.000 mg L ⁻¹	9,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	37,5 ^{ns}	0,27 ^{ns}
8.000 mg L ⁻¹	9,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}	55,0 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Estufim				
0 dias	9,6 ^{ns}	1,7 a	28,0 ^{ns}	0,31 a
15 dias	9,5 ^{ns}	1,7 a	35,0 ^{ns}	0,29 a
30 dias	10,1 ^{ns}	1,4 b	44,0 ^{ns}	0,17 b
45 dias	9,3 ^{ns}	1,3 b	42,0 ^{ns}	0,14 b

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Para diâmetro de coleto, os tempos de 0 e 15 dias (1,7 mm) foram superiores aos tempos de 30 (1,4 mm) e 45 dias (1,3 mm). Resultados semelhantes foram encontrados para massa seca da parte aérea, em que à medida que diminuiu o tempo das minicepas sob o estufim, houve aumento da variável, onde no tempo de 45 dias o peso foi de 0,14 g, enquanto que no tempo de 0 dias este valor foi de 0,31g.

Mesmo não havendo efeito significativo, o aumento do percentual de enraizamento foi diretamente proporcional ao aumento das concentrações de AIB utilizadas, onde a aplicação de 8.000 mg L⁻¹ (55%) apresentou acréscimo de 83,3% no enraizamento das mudas em detrimento da não-aplicação (30%). Quanto ao estufim, o tempo de 30 dias (44%) teve maior percentual de enraizamento, em valores absolutos, comparado a 0 dias (28%).

Na saída da área de aclimação, aos 40 dias, as variáveis diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea foram significativas (p < 0,05) para o fator estufim e o percentual de enraizamento para o fator concentração (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios			
		H	DC	R	MSPA
Bloco	3	4,66 ^{ns}	0,11 ^{ns}	466,67 ^{ns}	0,016 ^{ns}
AIB	4	5,11 ^{ns}	0,76 ^{ns}	2832,50 [*]	0,013 ^{ns}
Estufim	3	6,03 ^{ns}	0,40 [*]	626,67 ^{ns}	0,119 [*]
AIB x Estufim	12	3,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	489,17 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Resíduo	57	3,56	0,05	575,44	0,012

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Analisando-se o percentual médio de enraizamento das miniestacas em função do AIB, houve efeito positivo da aplicação de maiores concentrações do regulador, sendo que 8.000 mg L⁻¹ promoveu 58,8% de enraizamento, comparado a 27,5% de enraizamento quando não houve aplicação. Apesar de não haver diferença significativa entre as concentrações de AIB para as demais variáveis, maiores concentrações da auxina influenciaram positivamente no desenvolvimento das mudas, onde altura, diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea tiveram acréscimo de 5,7%, 8,2% e 25%, respectivamente, ao aplicar 8.000 mg L⁻¹ de AIB em relação à não-aplicação (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB				
Tratamentos	H	DC	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	10,5 ^{ns}	1,46 ^{ns}	27,5 b	0,24 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	10,1 ^{ns}	1,50 ^{ns}	35,0 ab	0,29 ^{ns}
2.000 mg L ⁻¹	9,8 ^{ns}	1,39 ^{ns}	26,3 b	0,25 ^{ns}
4.000 mg L ⁻¹	11,0 ^{ns}	1,52 ^{ns}	42,5 ab	0,26 ^{ns}
8.000 mg L ⁻¹	11,1 ^{ns}	1,58 ^{ns}	58,8 a	0,30 ^{ns}
Estufim				
0 dias	11,0 ^{ns}	1,67 a	34,0 ^{ns}	0,38 a
15 dias	9,7 ^{ns}	1,54 ab	33,0 ^{ns}	0,27 b
30 dias	10,7 ^{ns}	1,39 b	40,0 ^{ns}	0,22 b
45 dias	10,5 ^{ns}	1,36 b	45,0 ^{ns}	0,21 b

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Em relação ao estufim, ao analisar diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea, quanto menor o tempo de exposição das minicepas à estrutura, maiores valores foram encontrados para estas variáveis, sendo o tratamento de 0 dias (1,67 mm e 0,38 g) estatisticamente superior a 45 dias (1,36 mm e 0,21 g). Já para percentual médio de enraizamento, maiores tempos de estufim promoveram maiores valores absolutos para esta variável, onde 45% das mudas enraizaram com 40 dias, enquanto que 34% enraizaram quando o estufim não foi utilizado (Tabela 4).

Ao avaliar as mudas na saída da área de pleno sol aos 90 dias, a altura, o diâmetro de coleto e o percentual de enraizamento apresentaram efeito significativo (p < 0,05) para o fator concentração e percentual de enraizamento para o fator estufim (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios			
		H	DC	R	MSPA
Bloco	3	25,68 ^{ns}	0,45 [*]	80,0 ^{ns}	0,34 ^{ns}
AIB	4	99,01 [*]	0,59 [*]	1845,0 [*]	0,61 ^{ns}
Estufim	3	21,51 ^{ns}	0,14 ^{ns}	2373,3 [*]	0,13 ^{ns}
AIB x Estufim	12	20,32 ^{ns}	0,15 ^{ns}	815,0 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Resíduo	57	16,73	0,12	476,5	0,17

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Ao analisar altura e diâmetro de coleto em relação às concentrações de AIB, observa-se que maiores concentrações da auxina promovem maiores valores médios para as variáveis. A altura média das mudas sem a aplicação de AIB foi de 18,2 cm, enquanto que ao utilizar 8.000 mg L⁻¹, esta média subiu para 21,8 cm, o que representa um acréscimo de 19,8%. Para a variável diâmetro, a concentração de 8.000 mg L⁻¹ de AIB (2,2 mm) teve acréscimo de 17,6% em detrimento da não-aplicação (1,87 mm) (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB				
Tratamentos	H	DC	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	18,2 ab	1,87 abc	68,8 ab	0,73 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	16,1 b	1,80 c	51,3 b	0,61 ^{ns}
2.000 mg L ⁻¹	15,9 b	1,82 bc	66,3 ab	0,61 ^{ns}
4.000 mg L ⁻¹	19,8 ab	2,15 ab	73,8 a	0,99 ^{ns}
8.000 mg L ⁻¹	21,8 a	2,20 a	80,0 a	1,00 ^{ns}
Estufim				
0 dias	18,2 ^{ns}	2,04 ^{ns}	53,0 b	0,87 ^{ns}
15 dias	17,6 ^{ns}	2,02 ^{ns}	67,0 ab	0,84 ^{ns}
30 dias	17,7 ^{ns}	1,86 ^{ns}	75,0 a	0,69 ^{ns}
45 dias	19,9 ^{ns}	1,96 ^{ns}	77,0 a	0,76 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Em relação ao percentual de enraizamento, maiores concentrações de AIB proporcionaram maiores valores para a variável, onde a concentração de 8.000 mg L⁻¹ (80%) diferiu estatisticamente da concentração de 1.000 mg L⁻¹ (51,3%). Já para o estufim, o aumento do tempo foi proporcional ao aumento do percentual de enraizamento, em que 45 dias (77%) teve acréscimo de 45,3% em relação ao tempo de 0 dias (53%) (Tabela 6). A utilização de 8.000 mg L⁻¹ de AIB com 45 dias das minicepas sob o estufim proporcionou maior percentual médio de enraizamento aos 90 dias (90%), tendo acréscimo de 50% em relação ao tratamento controle (0 mg L⁻¹ de AIB e 0 dias de estufim).

Apesar de não haver efeito significativo para massa seca da parte aérea, maiores concentrações de AIB promoveram maiores médias para a variável, onde ao aplicar 8.000 mg L⁻¹ (1 g), houve acréscimo de 63,9% em relação à aplicação de 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ da auxina (0,61 g). Em relação ao estufim, menores tempos proporcionaram maior peso seco das miniestacas, onde 0 dias (0,87 g) teve acréscimo de 14,5% em relação à 45 dias (0,76 g) (Tabela 6).

Para a qualidade do sistema radicular das mudas na saída da área de pleno sol, houve efeito significativo ($p < 0,05$) das concentrações de AIB para raízes de qualidade ótima e ruim (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para qualidade do sistema radicular (QR) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios - QR			
		Calo	Ruim	Bom	Ótimo
Bloco	3	76,38 ^{ns}	98,01 [*]	30,26 ^{ns}	21,8 ^{ns}
AIB	4	66,82 ^{ns}	556,12 [*]	144,13 [*]	1418,43 [*]
Estufim	3	519,49 [*]	63,4 ^{ns}	21,99 ^{ns}	261,15 ^{ns}
AIB x Estufim	12	94,74 ^{ns}	44,24 ^{ns}	23,76 ^{ns}	101,61 ^{ns}
Resíduo	57	91,8	56,51	22,14	118,77

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB foi responsável pelo maior percentual médio de raízes consideradas ótimas (60,2%) e menor para raízes consideradas ruins (11,3%) (Figura 2).

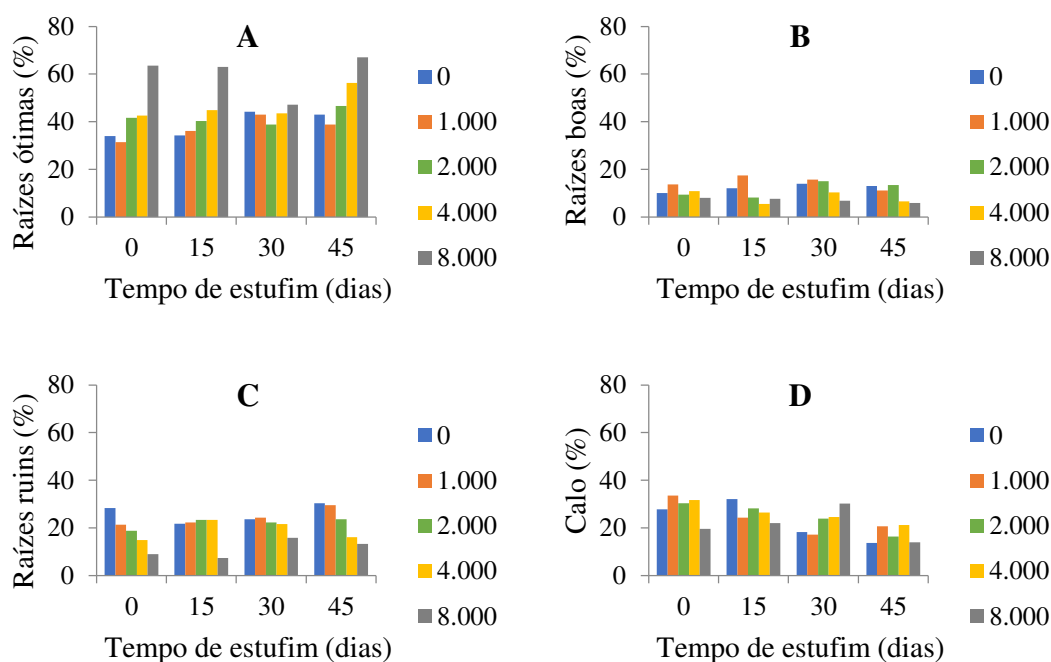


Figura 2 – Qualidade do sistema radicular de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (mg L^{-1}) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.

Ao analisar a formação de calos nas mudas, a concentração de 8.000 mg L^{-1} proporcionou menor percentual médio de mudas com formação de calos (21,4%) quando comparada aos demais tratamentos.

Apesar do estufim não ter influenciado significativamente a qualidade de raiz, o aumento do tempo das minicepas sob a estrutura foi diretamente proporcional ao aumento do percentual de raízes ótimas e à redução da formação de calos nas mudas, onde o tratamento de 45 dias teve médias de 50,3% de raízes ótimas e 17,1% de calos, enquanto que 0 dias sob o estufim teve 42,6% de raízes ótimas e 28,6% de formação de calos.

4. DISCUSSÃO

Os menores valores de diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea na saída da casa de vegetação e da aclimação, quando submetidos a maiores tempos de estufim, podem estar relacionados às modificações morfológicas que esta estrutura provoca nas miniestacas. Apesar de ter sido observada a redução da massa seca das estacas produzidas nos tratamentos com maiores tempos sob estufim, a maior porcentagem de enraizamento apresentada nesses

tratamentos indica que essa redução da biomassa não ocasionou perda da qualidade das estacas.

Oliveira (2016), testando o efeito do estufim sobre o enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. grandis*, percebeu que as plantas conduzidas sob o estufim apresentaram menor diâmetro, maior altura e maior distância entre os pares de folhas consecutivas. Esse estiolamento pode ter ocorrido devido à menor luminosidade apresentada nas parcelas cobertas com o estufim.

Mudas aptas para o plantio em campo não são apenas aquelas com sistema radicular bem estruturado e presença de raízes novas, mas também aquelas com boa estruturação do torrão e com alguma flexibilidade (Silva et al., 2012). No presente estudo, as raízes consideradas ótimas apresentavam sistema radicular estruturado, com torrão firme e presença de raízes brancas, mostrando maior atividade fisiológica. As raízes classificadas como boas também eram aptas ao plantio, porém necessitava de maior cuidado no manuseio, uma vez que apresentavam maior flexibilidade.

O elevado percentual de raízes consideradas ótimas ao utilizar maiores concentrações de AIB mostra que o uso deste regulador de crescimento para o material genético em estudo foi eficiente na emissão de raízes adventícias e na redução do desenvolvimento de calos.

Resultados positivos obtidos para *E. urophylla* x *E. pellita* em relação ao enraizamento com presença de auxina estão de acordo com trabalhos de diversos autores. Lana et al. (2008) concluíram que a aplicação de 2.000 mg L⁻¹ e 5.000 mg L⁻¹ de AIB resultou em aumento significativo sobre o sistema radicular de *E. urophylla*. Queiroz (2014), estudando o enraizamento de clones de *Eucalyptus* spp., observou que 3.000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou maior número de raízes adventícias nas miniestacas. Ferreira (2015) e Lobo et al. (2017) recomendam a utilização de 500 mg L⁻¹ de AIB para aumentar o percentual de estacas enraizadas em *Eucalyptus urograndis*.

O equilíbrio endógeno entre os reguladores vegetais apresenta forte influência na emissão de raízes adventícias, porém as concentrações exógenas podem variar em função das condições de trabalho e das características de cada material genético (Brondani et al., 2010). Como o clone em estudo possui maior recalcitrância ao enraizamento, era esperado que esta variável respondesse de forma positiva a maiores concentrações de auxina.

O estufim, ao ser utilizado por maiores tempos, promoveu aumento considerável na taxa de enraizamento das mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*, além de reduzir a formação de calos, sendo eficiente no processo de produção de mudas deste material genético. Esses

resultados confirmam a afirmação de Assis (2011), de que o uso do estufim promove o aumento do percentual de enraizamento e a redução da formação de calos, sendo promissor para a propagação de *Eucalyptus* spp.

5. CONCLUSÕES

A utilização de 8.000 mg L⁻¹ de AIB associada a maiores tempos das minicepas sob o estufim proporcionou maior percentual de enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular para mudas do clone híbrido de *E. urophylla* x *E. pellita*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis TF. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. BMC Proceedings, 2011; n. 5 (Supl 7): I18, 2011.

Azevedo GTOS. Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 60 f.

Batista AF, Santos GA, Silva LD, Quevedo FF, Assis TF. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. Australian Forestry, 2015; 78(2): 65-72.

Borges SR, Xavier A, Oliveira LS, Melo LA, Rosado AM. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. Revista Árvore, 2011; 35(3): 425-434.

Brondani GE, Grossi F, Wendling I, Dutra LF, Araujo MA. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. Acta Scientiarum. Agronomy, 2010; 32(4): 667-674.

Ferreira EV, Baccarin FJB, Silva DDA, Vespucci IL, Almeida BL. Influência da concentração e tempo de exposição ao AIB na rizogênese do *Eucalyptus urograndis*. In Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2015.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html> >.

Hartmann HT, Kester DE, Davies Júnior FT, Geneva RL. Plant propagation: principles and practices. 8ª ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2011. 915p.

Lana, RMQ, Lana ÂMQ, Barreira S, Morais TR, Faria MV. Doses do ácido indolbutírico no enraizamento e crescimento de estacas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*). Bioscience Journal, 2008; 24(3): 13-18.

Lobo VP, Rodrigues FD, Sousa SD, Madruga CBO, Moura TLP, Santos DX, Ferreira EV, Baccarin FJB. Influência da concentração e tempo de exposição ao AIB na rizogênese do *Eucalyptus urograndis*. Revista Tree Dimensional, Pro Floresta, 2017; 2(3): 20.

Oliveira AS. Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016; 92 f.

Queiroz LMR. Resposta da rizogênese em miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. à utilização de fitohormônio. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 34 f.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>.

Silva RBG, Simões DS, Magali R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2012: 297-302.

Silva MM, Ferreira VO. Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha. Caderno de Geografia, 2011; 21(35): 56-73.

CAPÍTULO 3 - ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus pellita* F. Muell COM USO DE ESTUFIM E AIB

RESUMO – A hibridação entre *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus pellita* tem sido fonte de estudos para o setor energético, apresentando-se como alternativa de obtenção de genótipos superiores para futuros plantios florestais, principalmente em função de características como densidade básica e incremento médio anual. Porém, existem poucas informações quanto à produção de mudas por enraizamento de estacas de clones superiores advindos da hibridação entre estas espécies. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do estufim e de concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*. O trabalho foi conduzido no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais, onde foram testadas cinco concentrações de AIB (0 – controle, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e dois tempos de permanência das minicepas sob o estufim (40 e 70 dias). Foram avaliadas as características altura, diâmetro do coleto, percentual de enraizamento, percentual de sobrevivência, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol e qualidade do sistema radicular na saída da área de pleno sol. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB proporcionou melhor desempenho das mudas quanto ao enraizamento e qualidade de raiz e o tempo de uso do estufim não influenciou na produção de mudas.

Palavras-chave: Minijardim clonal; Clonagem; Hibridação.

ABSTRACT

The hybridization between *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus pellita* has been a study source for the energy sector, presenting itself as an alternative for obtaining superior genotypes for future forestry plantations, mainly due to characteristics such as basic density and average annual increment. However, there is little information regarding seedling production by rooting of superior clone cuttings from hybridization between the species. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of mini-tunnels and of concentrations of indolebutyric acid (IBA) in miniceps's rooting of a hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita* clone. The work was conducted in the seedling nursery of the Aperam Bioenergia Company, located in the municipality of Itamarandiba, Minas Gerais, where five concentrations of IBA (0 – control variable, 1.000, 2.000, 4.000 and 8.000 mg L⁻¹) and two different periods of time the miniceps were in the mini-tunnel (40 and 70 days) were tested. Height characteristics, root collar diameter, rooting percentage, survival percentage, dry mass from the aerial part, dry mass from the miniceps's root at the greenhouse's exit, at the acclimatization area's exit and at the area of full sun's exit, and the root system's quality at the exit of the area of full sun were all evaluated. The use of 8.000 mg L⁻¹ of IBA provided improved seedling performance in rooting and root quality, and the time of use of the mini-tunnels had no influence on seedling production.

Key words: Mini clonal garden; Cloning; Hybridization.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o plantio de *Eucalyptus* no Brasil ocupa cerca de 5,56 milhões de hectares, o que corresponde a 71,9% do total da área de árvores plantadas, fazendo com que o país seja líder mundial em produtividade florestal (IBÁ, 2015).

O eucalipto apresenta crescimento rápido e boa adaptação às condições edafobioclimáticas brasileiras, constituindo-se na principal opção comercial para oferta de madeira para diversos usos. A importância da cultura do eucalipto para o Brasil pode ser avaliada pela contínua expansão do setor florestal brasileiro, baseado em plantações, principalmente, com espécies e híbridos do gênero e pela participação do setor na economia do país (Silva, 2013).

Apesar de haver grande variabilidade de espécies e cruzamentos dentro do gênero *Eucalyptus*, a busca por material genético mais produtivo, menos exigente por água e nutrientes, resistente a pragas e doenças e mais adaptado a diversos fins é constante. A utilização de técnicas como hibridação e clonagem visa melhorar a produtividade, atender inúmeras finalidades da exploração e reduzir os custos de produção (Miguel, 2009).

Os híbridos entre *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus pellita* tem sido fonte de estudos para o setor energético, apresentando-se como alternativa para futuros plantios florestais, principalmente em função de características como densidade básica e incremento médio. Apesar dos avanços, existem poucas informações quanto à produção de mudas por enraizamento de estacas de clones superiores advindos da hibridação entre estas espécies.

Como alternativa de propagação em larga escala, destaca-se a miniestaquia, a qual é uma especialização da estaquia convencional. Ela utiliza brotações de minicepas que podem ser originadas pelo processo de estaquia convencional, mudas seminais ou micropropagação (Alfenas et al., 2009; Xavier et al., 2013). A técnica de miniestaquia baseia-se no maior grau de juvenilidade das miniestacas obtidas de brotos em coletas sucessivas neste sistema, proporcionando, desta forma, melhores índices de enraizamento do material vegetal (Hartmann et al., 2011).

Substâncias hormonais promotoras do enraizamento são muito importantes na propagação vegetativa (Xavier et al., 2013), sendo o grupo das auxinas o de maior interesse para auxiliar no enraizamento das miniestacas. São utilizadas diversas substâncias com atividades reguladoras de crescimento, sendo as mais conhecidas o ácido indol acético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenoacético (ANA) e o 2,4-diclorofenoxiacético

(Hartmann et al., 2011; Paiva e Gomes, 2013). Para *Eucalyptus*, a auxina mais utilizada tem sido o ácido indolbutírico (Brondani et al., 2010a; Borges et al., 2011).

Outro fator importante na propagação massal de um material é a produtividade de minicepas. Para favorecer as condições de crescimento e produção das minicepas, é importante a constante busca por práticas que aumente a capacidade produtiva do viveiro. Dentre as técnicas recentemente introduzidas, o uso de estufim, que consiste na cobertura dos canaletões por um túnel plástico, têm se mostrado promissor para ganhos na produção e no enraizamento de miniestacas (Assis, 2014; Oliveira, 2016).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do estufim e de concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O trabalho foi conduzido de outubro a dezembro de 2018 no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais (17°51'24" S e 42°51'40" W). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A pluviosidade média é de 1050 mm ao ano e as temperaturas médias oscilam entre 16,5 e 22,1°C (Silva e Ferreira, 2011).

2.2. Material genético e formação do minijardim clonal

Utilizou-se um genótipo superior híbrido de *E. urophylla* x *E. pellita*, obtido por meio de polinização controlada, o qual foi selecionado aos 96 meses de idade. A matriz que originou os clones foi plantada no município de Itamarandiba, estado de Minas Gerais, em 2001, no espaçamento de 3 x 3 m que, aos 88 meses, apresentava densidade básica de 583 kg/m³ e incremento médio anual (IMA) de 35 m³/ha/ano.

As mudas, originadas de brotações da segunda geração de estaqueamento do jardim clonal e enraizadas em casa de vegetação, foram plantadas em maio de 2016 em canaletões de fibrocimento contendo cascalho (granulometria entre 2 e 5 mm) e brita, com espaçamento de 10 x 10 cm, sob sistema semi-hidropônico de irrigação.

Decorridos 21 dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda da brotação apical para formar as minicepas, a partir do desenvolvimento das

brotações basais induzidas pela quebra da dominância apical, constituindo-se o minijardim clonal.

Os estufins utilizados para cobertura dos canaletões possuíam estrutura tubular, com dimensões de 0,80 x 16,30 x 0,50 m (largura x comprimento x altura), fabricado de aço galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 μm .

2.3. Manejo e nutrição de minicepas

Antes da instalação do experimento, o minijardim clonal foi mantido aberto e procedeu-se a limpeza semanal do sistema, eliminando folhas, brotações e minicepas mortas. As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, a qual foi distribuída sete vezes ao dia a uma vazão total de 9,3 L m⁻².

A solução nutritiva era composta por monoamônio fosfato em pó (1,55 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,5 g L⁻¹), cloreto de potássio em pó (0,6 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,5 g L⁻¹), sulfato de zinco (4 mg L⁻¹), hidroferro (24 mg L⁻¹), ácido bórico (11 mg L⁻¹), sulfato de manganês (14 mg L⁻¹) e sulfato de cobre (2 mg L⁻¹). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida entre 1,5 a 1,8 mS m⁻² e o pH ajustado a 5,7 ($\pm 0,1$), corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

2.4. Coleta de brotações e preparo das miniestacas

As brotações dos clones de *E. urophylla* x *E. pellita* foram coletadas no período matinal, a fim de se reduzir a evapotranspiração das miniestacas. Durante todo o processo, as brotações foram armazenadas em caixas de isopor contendo água fria para minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais. As miniestacas foram retiradas de dois canaletões sob diferentes condições: um canaletão estava coberto com estufim por 40 dias e o outro por 70 dias, sendo ambos abertos um dia antes da coleta das miniestacas.

Logo após a coleta, as miniestacas foram preparadas com dimensão de 10 cm (± 1 cm), contendo de um a dois pares de folhas e sem redução da área foliar, sendo feito um corte reto na parte basal.

2.5. Sistema de produção de mudas

Para produção das mudas, a porção basal das miniestacas foi mergulhada em diferentes soluções contendo 0 (controle), 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB durante 10 segundos, conforme os tratamentos.

Logo após, as miniestacas foram introduzidas em tubetes cônicos de 55 cm³, com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal no substrato de cultivo, o qual foi composto da mistura de vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco (2:1:1 v/v).

Para a promoção dos processos rizogênicos, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação coberta com filme de polietileno transparente com 150 µm de espessura, umidade relativa do ar $\geq 90\%$, temperatura do ar $< 35^{\circ}\text{C}$ e irrigação por sistema de microaspersão com vazão de 85 L h⁻¹ (1,4 L min⁻¹), durante 35 segundos a cada 40 minutos. Após 30 dias em casa de vegetação, as miniestacas foram transferidas para aclimação com sombrite de 50%, onde permaneceram por 10 dias e, posteriormente, para uma área de pleno sol, por mais 50 dias, visando a rustificação.

Na fase de aclimação, foram feitas duas adubações semanais de cobertura com 100 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: sulfato de amônio (27 g L⁻¹), nitrato de cálcio (75 g L⁻¹), KRISASOL 06-12-36 + micros (12 mL L⁻¹), hidróferro (5 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A adubação de cobertura foi feita até as mudas atingirem 25 cm de altura (65 a 75 dias após estaqueamento). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h⁻¹ (5,8 L min⁻¹), durante 20 minutos, de 4 a 6 vezes ao dia.

Na fase de rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: nitrato de cálcio (38 g L⁻¹), KRISASOL 06-12-36 + micros (60 mL L⁻¹), hidróferro (5 g L⁻¹), cloreto de potássio (130 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 350 L h⁻¹ (5,8 L min⁻¹), durante 20 minutos, de 2 a 3 vezes ao dia.

Ao longo do experimento avaliou-se percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol.

A altura da parte aérea foi mensurada a partir do nível do substrato até o meristema apical, com uma régua, e o diâmetro do coleto foi medido ao nível do substrato, com o auxílio de paquímetro digital. Para determinar o peso da matéria seca da parte aérea e da raiz, foi feita a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante.

Na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, também foi feita a retirada das mudas remanescentes dos tubetes e analisada a qualidade do sistema radicular das mesmas, que foram classificados em: “ótimo”, para sistema radicular estruturado, com torrão firme e presença de raízes brancas, mostrando maior atividade fisiológica (Figura 1A); “bom”, para

sistema radicular estruturado, porém com alguma flexibilidade exigindo maior cuidado no momento do plantio no campo (Figura 1B); “ruim”, para sistema radicular pouco estruturado, não sendo adequado para plantio em campo (Figura 1C) e; “calo” para sistema radicular ausente, com presença de células que não se diferenciaram em raiz (Figura 1D).



Figura 1 - Classificação da qualidade do sistema radicular de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados no arranjo fatorial (2 x 5), sendo os fatores constituídos por dois tempos de estufim e cinco concentrações de AIB, com quatro blocos, contendo 88 miniestacas por parcela. Para mensuração das características, foram utilizadas cinco mudas por repetição em cada avaliação.

2.6.Procedimentos estatísticos

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e ao de Bartlett e, em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Os dados foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância com auxílio do pacote estatístico ExpDes.pt versão 1.2.0 (Ferreira et al., 2018), utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS

De acordo com a ANOVA, houve efeito significativo ($p < 0,05$) do fator concentração de AIB para altura, diâmetro de coleto e percentual de enraizamento e do fator estufim para diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea, aos 30 dias (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) para miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados médios			
		H	DC	R	MSPA
Bloco	3	45,96 *	0,31 *	1146,0 *	0,01 ^{ns}
AIB	4	21,37 *	0,21 *	2610,0 *	0,01 ^{ns}
Estufim	1	0,04 ^{ns}	0,26 *	160,0 ^{ns}	0,04 *
AIB x Estufim	4	4,72 ^{ns}	0,02 ^{ns}	260,0 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	27	26,93	0,06	294,8	0,01

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; * Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Para altura média, a concentração de 4.000 mg L⁻¹ de AIB (18,8 cm) apresentou melhor desempenho que os demais tratamentos, tendo acréscimo de 27,9% em relação à não-aplicação de AIB (14,7 cm). Ao analisar diâmetro do coleto e percentual de enraizamento, houve um efeito crescente das médias das variáveis à medida que a concentração de AIB aumentou, onde 8.000 mg L⁻¹ (2,17 mm e 87,5%) diferiu estatisticamente da não-aplicação de auxina (1,73 mm e 42,5%) (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da casa de vegetação, aos 30 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB				
Tratamentos	H	DC	R	MSPA
0 mg L ⁻¹	14,7 b	1,73 b	42,5 b	0,26 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	17,0 ab	1,85 ab	67,5 ab	0,32 ^{ns}
2.000 mg L ⁻¹	16,7 ab	1,94 ab	80,0 a	0,30 ^{ns}
4.000 mg L ⁻¹	18,8 a	1,99 ab	82,5 a	0,26 ^{ns}
8.000 mg L ⁻¹	18,3 ab	2,17 a	87,5 a	0,26 ^{ns}
Estufim				
40 dias	17,1 ^{ns}	2,02 a	74,0 ^{ns}	0,31 a
70 dias	17,1 ^{ns}	1,86 b	70,0 ^{ns}	0,25 b

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ^{ns} Diferença não significativa pelo teste Tukey, a 5% de significância.

O tempo de estufim que teve maior eficiência para diâmetro de coleto e massa seca da parte aérea foi de 40 dias (2,02 mm e 0,31 g), apresentando um acréscimo de 9,6 e 24%, respectivamente, em relação ao tempo de 70 dias (1,86 mm e 0,25 g).

Aos 40 dias, na saída da área de aclimação, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) para miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados médios				
		H	DC	R	MSPA	MSR
Bloco	3	5,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2426,7 [*]	0,24 [*]	0,02 ^{ns}
AIB	4	5,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1340,0 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Estufim	1	5,84 ^{ns}	0,02 ^{ns}	360,0 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}
AIB x Estufim	4	7,81 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1160,0 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	27	5,71	0,03	656,3	0,03	0,01

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; ^{*} Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

A altura e o diâmetro do coleto apresentaram respostas variadas em relação às concentrações de AIB utilizadas. Para altura, a concentração de 1.000 mg L⁻¹ de AIB apresentou maior média (14,5 cm), enquanto que 0 mg L⁻¹ apresentou menor valor (12,6 cm). Para diâmetro, a utilização de 8.000 mg L⁻¹ (1,26 mm) proporcionou menor valor médio quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios para as variáveis altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de aclimação, aos 40 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB					
Tratamentos	H	DC	R	MSPA	MSR
0 mg L ⁻¹	12,6 ^{ns}	1,29 ^{ns}	45,0 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,32 ^{ns}
1.000 mg L ⁻¹	14,5 ^{ns}	1,33 ^{ns}	70,0 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,32 ^{ns}
2.000 mg L ⁻¹	14,2 ^{ns}	1,42 ^{ns}	65,0 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,29 ^{ns}
4.000 mg L ⁻¹	14,3 ^{ns}	1,28 ^{ns}	60,0 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,36 ^{ns}
8.000 mg L ⁻¹	13,5 ^{ns}	1,26 ^{ns}	80,0 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Estufim					
40 dias	13,4 ^{ns}	1,34 ^{ns}	61,0 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,35 ^{ns}
70 dias	14,2 ^{ns}	1,29 ^{ns}	67,0 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,30 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ^{ns} Diferença não significativa pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Em relação à massa seca da parte aérea, as concentrações de 2.000 e 4.000 mg L⁻¹ de AIB (1,62 g) foram 22,7% superiores em relação à não-aplicação da auxina (1,32 g). Já para massa seca de raiz, a maior média foi encontrada utilizando-se 4.000 mg L⁻¹ de AIB (0,36 g) enquanto que a menor média foi encontrada com 2.000 mg L⁻¹ (0,29 g).

Para o percentual de enraizamento, de modo geral, a presença de AIB foi positiva para as mudas, onde a concentração de 8.000 mg L⁻¹ proporcionou 85% de enraizamento com 40 dias e 75% com 70 dias de estufim. As mudas onde não foi aplicado AIB tiveram 35 e 55 % de enraizamento, com 40 e 70 dias de estufim, respectivamente (Figura 2).

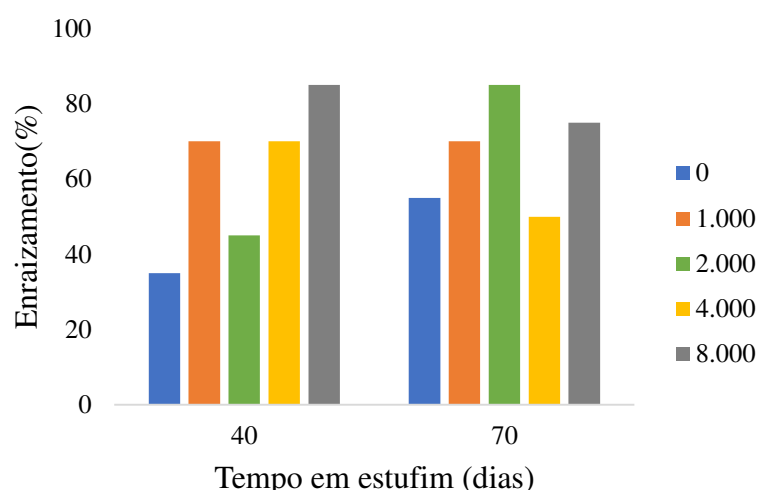


Figura 2 – Percentual de enraizamento de miniestacas de *E. urophyla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de aclimação, aos 40 dias.

Ao avaliar as mudas na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, o diâmetro de coleto apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator concentração e a altura para o fator estufim (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as características percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) para miniestacas de *E. urophyla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

FV	GL	Quadrados Médios				
		S	H	DC	MSPA	MSR
Bloco	3	14,66 *	102,20 *	0,13 ^{ns}	0,42 *	0,057 ^{ns}
AIB	4	3,10 ^{ns}	37,69 ^{ns}	0,28 *	0,13 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Estufim	1	1,56 ^{ns}	100,81 *	0,07 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,042 ^{ns}
AIB x Estufim	4	4,37 ^{ns}	14,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Resíduo	27	2,32	16,31	0,08	0,11	0,034

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; * Diferença significativa a 5% de significância; ^{ns} Diferença não significativa a 5% de significância.

Mesmo não havendo diferença significativa, o aumento da altura média das mudas foi diretamente proporcional ao aumento da concentração de AIB, onde 8.000 mg L⁻¹ (31,5 cm)

proporcionou acréscimo de 21,6% em detrimento da não-aplicação (25,9 cm). Em relação ao estufim, o maior tempo das miniestacas sob a estrutura foi estatisticamente superior, com média de 31 cm de altura com 70 dias enquanto que, com 40 dias, esta média foi de 27,8 cm (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios para as variáveis percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca de raiz (MSR, g) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em função das concentrações de AIB e do estufim.

Concentrações de AIB					
Tratamentos	S	H	DC	MSPA	MSR
0 mg L ⁻¹	98,98 ns	25,9 ns	2,13 b	1,32 ns	0,64 ns
1.000 mg L ⁻¹	97,50 ns	28,9 ns	2,31 ab	1,57 ns	0,67 ns
2.000 mg L ⁻¹	98,65 ns	29,9 ns	2,37 ab	1,62 ns	0,61 ns
4.000 mg L ⁻¹	98,12 ns	30,7 ns	2,55 a	1,62 ns	0,62 ns
8.000 mg L ⁻¹	97,60 ns	31,5 ns	2,59 a	1,58 ns	0,61 ns
Estufim					
40 dias	98,39 ns	27,8 b	2,35 ns	1,43 ns	0,60 ns
70 dias	97,99 ns	31,0 a	2,43 ns	1,64 ns	0,66 ns

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ^{ns} Diferença não significativa pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Ao analisar o diâmetro do coleto, maiores concentrações de AIB proporcionaram maiores valores para a variável. Na concentração de 0 mg L⁻¹ de AIB, o diâmetro médio foi de 2,13 mm, enquanto que no tratamento de 8.000 mg L⁻¹, esta média foi para 2,59 mm. O tempo de estufim não influenciou esta variável, porém o maior tempo das miniestacas sob a estrutura proporcionou média de 2,43 mm, enquanto que com 40 dias este valor foi de 2,35 mm (Tabela 6).

Para massa seca da parte aérea, as concentrações de 2.000 e 4.000 mg L⁻¹ de AIB tiveram maior média (1,62 g) para a variável, enquanto que 0 mg L⁻¹ teve média inferior aos demais tratamentos (1,32 g). Em relação à massa seca de raiz, a diferença da maior para a menor média foi de 0,06 g, onde a maior massa foi obtida ao utilizar 1.000 mg L⁻¹ de AIB (0,67 g) e a menor ao utilizar 8.000 mg L⁻¹ (0,61 g). O tempo de 70 dias sob o estufim foi

positivo para a maior massa seca das mudas, tendo um acréscimo de 14,7 e 10% em relação ao tempo de 40 dias, para massa seca da parte aérea e de raiz, respectivamente (Tabela 6).

Em relação ao percentual de enraizamento, a aplicação de maiores concentrações da auxina foi positiva e diretamente proporcional ao aumento desta variável, onde ao utilizar 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB, 95% das mudas enraizaram, independente do tempo de estufim, enquanto que 0 mg L⁻¹ proporcionou enraizamento médio de 65% com 40 dias de estufim e 85% com 70 dias de estufim (Figura 3).

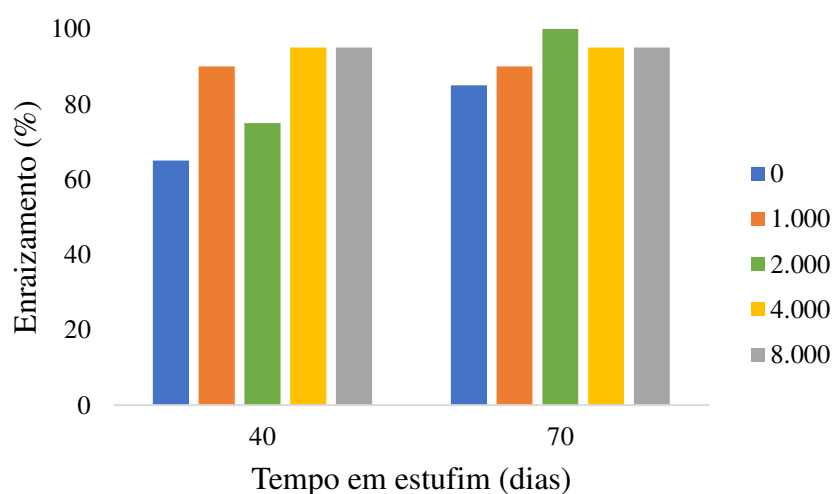


Figura 3 – Percentual de enraizamento de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias.

Apesar de haver alto percentual de enraizamento das mudas sem a aplicação de auxina, este tratamento teve maior percentual de mudas com presença de calos e raízes de qualidade ruim (Figura 4).

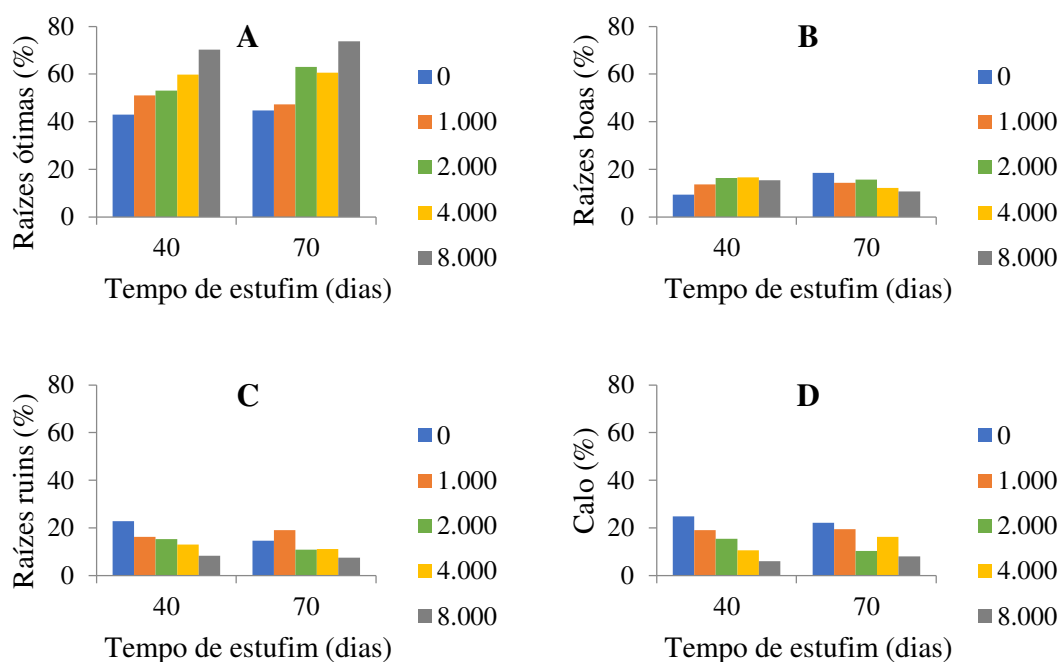


Figura 4 - Qualidade do sistema radicular de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias. A) Ótimo, B) Bom, C) Ruim, D) Calo.

Os resultados obtidos demonstram que altas concentrações de AIB promovem melhoria na qualidade do sistema radicular das mudas. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB foi responsável por 70,3 e 73,8% das mudas com raízes consideradas ótimas aos 40 e 70 dias sob estufim, respectivamente (Figura 4). Em relação à formação de calos, com o aumento da concentração de AIB houve uma redução deste percentual de 24,9 (0 mg L⁻¹) para 6 (8.000 mg L⁻¹), com 40 dias, e de 22,1% (0 mg L⁻¹) para 8,1% (8.000 mg L⁻¹), com 70 dias sob estufim.

A sobrevivência das mudas foi alta durante todas as etapas de produção, com percentual médio de 97, 99 e 98 aos 30, 40 e 90 dias, respectivamente.

4. DISCUSSÃO

O conhecimento das melhores técnicas de propagação vegetativa, aliado às substâncias que promovem aumento no enraizamento, contribui para melhorar a utilização de espécies com ganhos em produtividade (Xavier et al., 2013).

Aplicações exógenas de reguladores de crescimento aos propágulos vegetativos, principalmente auxinas, proporcionam maior porcentagem, velocidade e qualidade de

enraizamento (Hartmann et al., 2011), sendo o ácido indol-butírico a auxina mais utilizada para o enraizamento de *Eucalyptus* (Brondani et al., 2010a; Dias et al., 2012; Trueman e Adkins, 2013), com grande variação de concentração ideal entre as espécies (Brondani et al., 2010a; Brondani et al., 2010b).

A aplicação de AIB nas miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* mostrou-se eficiente para o enraizamento, chegando a 95% na saída da área de pleno sol ao utilizar maior concentração do regulador (8.000 mg L⁻¹). Além disso, altas concentrações de auxina proporcionaram maior percentual de mudas com qualidade de raiz considerada ótima e menor quantidade de calo. Esses resultados corroboram aos encontrados para *E. benthamii* x *E. dunnii* (Brondani et al., 2010a), *E. urophylla* e *E. camaldulensis* x *E. urophylla* (Queiroz, 2014), onde o uso de AIB foi positivo ao enraizamento de miniestacas. Resultados divergentes foram encontrados por Borges et al. (2011) para *E. urophylla* x *E. globulus* e *E. grandis* x *E. globulus* e por Spassin e Garcia (2016) para *E. dunnii*, em que a aplicação de AIB não teve efeito sobre o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus*.

No setor de produção de mudas, espera-se obter altos índices de sobrevivência, evitando gastos desnecessários com mão-de-obra, substratos, manutenção de infraestrutura e água, ou seja, o objetivo é sempre alcançar a maior eficiência na produção (Sperandio et al., 2011). Durante todo o período de estudo, a taxa de sobrevivência manteve-se alta (superior a 97%), indicando que as condições de cultivo foram adequadas para a produção de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita*.

Valores elevados da sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus* foram reportados em vários trabalhos e, geralmente, situam-se acima de 85%, como observado para *E. grandis* x *E. urophylla* (Goulart et al., 2010), *E. benthamii* x *E. dunnii* (Brondani et al., 2010a; Brondani et al., 2010b), *E. grandis* x *E. globulus*, *E. urophylla* x *E. globulus* (Borges et al., 2011) e *E. dunnii* (Spassin e Garcia, 2016).

O crescimento médio em altura e diâmetro do coleto apresentou valores médios de 29,4 cm e 2,4 mm, respectivamente. Em se tratando de mudas de *Eucalyptus* aos 90 dias, a altura mínima indicada para o plantio é de 15 cm e o diâmetro de coleto maior ou igual a 2 mm (Wendling e Dutra, 2010), indicando boa qualidade das mudas em estudo.

Alguns resultados têm mostrado que o uso de estufins promove melhoria significativa na qualidade do enraizamento e reduz a formação de calos durante o processo de formação das plantas (Assis, 2011). No presente estudo, não houve diferença entre os tempos de exposição ao estufim para as variáveis testadas. Uma das explicações pode ser devido à época

em que o estudo foi conduzido (primavera), onde as altas temperaturas tenham favorecido os altos índices de enraizamento e sobrevivência das miniestacas.

A sazonalidade influencia a dinâmica de enraizamento de estacas ao longo do ano. Estudos testando o efeito do estufim sobre o enraizamento de *E. urophylla* x *E. grandis* (Oliveira, 2016) e de *Eucalyptus* spp. (Batista et al., 2015), mostram que as estacas coletadas nas estações mais quentes (primavera e verão), com a presença do estufim, tiveram maior percentual de enraizamento quando comparadas àquelas coletadas nos meses mais frios (outono e inverno).

5. CONCLUSÕES

- A utilização de maiores concentrações de AIB proporcionou maior percentual de enraizamento das miniestacas, sendo 8.000 mg L⁻¹ a que proporcionou, em geral, melhor desempenho das mudas em relação às variáveis analisadas.
- O tempo de uso do estufim no minijardim clonal não influenciou na produção de mudas de *E. urophylla* x *E. pellita* dentro das condições analisadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas AC, Zauza EAV, Mafia RG, Assis TF. Clonagem e doenças do eucalipto. 2 ed. Viçosa: UFV. 2009; 500p.
- Assis TF. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. In: BMC proceedings. BioMed Central, 2011; 5(7): I18.
- Assis TF. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 2014. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/profile/Teotonio_Assis/publication/311453642_Melhoramento_genetico_de_Eucalyptus_desafios_e_perspectivas/links/5847355208ae8e63e6308c34/Melhoramento-genetico-de-Eucalyptus-desafios-e-perspectivas.pdf>. Acesso em 20 jan. 2019.
- Batista AF, Santos GA, Silva LD, Quevedo FF, Assis TF. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. Australian Forestry, 2015; 78(2): 65-72. doi: 10.1080/00049158.2015.1039162.

Borges, SR, Xavier A, Oliveira LS, Melo LA, Rosado AM. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. Revista Árvore, Viçosa, 2011; 35(3): 425-434.

Brondani GE, Grossi F, Wendling I, Dutra LF, Araujo MA. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. Acta Scientiarum . Agronomy (Online). Maringá, 2010a; 32(4): 667-674. doi: 10.4025/actasciagron.v32i4.4879.

Brondani GE, Wendling I, Grossi F, Dutra LF, Araujo MA. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (II) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. Ciência Florestal, Santa Maria, 2010b; 20(3): 453-465. doi: 10.5902/198050982060

Dias PC, Oliveira LS, Xavier A, Wendling I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, 2012; 32(72): 453–462. doi: 10.4336/2012.pfb.32.72.453.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html> >.

Goulart PB, Xavier A, Dias JMM. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Revista Árvore, Viçosa, 2010; 34(6): 961-972.
Hartmann HT, Kester DE, Davies Júnior F T, Geneva RL. Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall. 2011; 915p.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). Indicadores do setor brasileiro de árvores plantadas. 2015. 80 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em 20 jan. 2019.

Miguel EP. Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, PR. 2009; 165 f.

Oliveira AS. Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016; 92 f.

Paiva HN, Gomes JM. Propagação vegetativa de espécies florestais. 1 ed. Viçosa: UFV. 2013; 52p.

Queiroz, L. M. R. Resposta da rizogênese em miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. à utilização de fitohormônio. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2014; 34 f.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>.

Silva CD. Híbridos de eucalipto sob diferentes regimes hídricos em vasos e crescimento no campo. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, SP. 2013; 67f.

Silva MM, Ferreira VO. Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha. Caderno de Geografia, 2011; 21(35): 56-73.

Spassin AC, Garcia FAO. O ácido indolbutírico (IBA) é viável para a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus dunnii*? Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 2016; 13(23): 829-841. doi: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_072.

Sperandio HV, Caldeira MVW, Gomes DR, Silva AG, Gonçalves EO. Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes substratos. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, 2011; 8(4).

Trueman SJ, Adkins MF. Effect of aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene on leaf abscission and root formation in *Corymbia* and *Eucalyptus* cuttings. Scientia Horticulturae, Amsterdam, 2013; 161: 1-7. doi: 10.1016/j.scienta.2013.06.048

Wendling I, Dutra LF. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: Wendling I, Dutra LF. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2010; p. 13-47.

Xavier A, Wendling I, Silva RL. Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas. 2 ed. Viçosa: UFV, 2013; 279p.

CAPÍTULO 4 - PERÍODOS DE ESTUFIM NA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus pellita* F. Muell

RESUMO – Com a implementação da técnica de miniestaquia em *Eucalyptus*, surgiram diversas alternativas para melhorias das estruturas de propagação, crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma tecnologia que vem sendo utilizada na propagação do eucalipto em minijardim clonal é o estufim, que tem se mostrado promissor, possibilitando o aumento da produtividade das minicepas e também do enraizamento das miniestacas. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tempos de estufim na produtividade de minicepas de um clone híbrido. O trabalho foi conduzido no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais, onde foram testados quatro tempos de permanência das minicepas sob o estufim (0 – controle, 15, 30 e 45 dias). Avaliou-se a produtividade total e efetiva de miniestacas por minicepas e os teores de clorofila a, b e total, a altura, a área foliar e a massa seca das miniestacas. O uso de maiores tempos de estufim ocasionou maior produção de miniestacas por minicepa, aumento da altura e do teor de clorofila, além de menor área foliar e biomassa seca das miniestacas em relação à não utilização, sendo vantajoso na operação de manejo do minijardim clonal.

Palavras-chave: Miniestaquia; Minijardim; Híbridação.

ABSTRACT

With the implementation of the minicutting's technique in *Eucalyptus*, several alternatives have appeared for improvements propagation structures, growth and plant development. One of the technologies that have been used in eucalyptus propagation in mini clonal garden is the mini-tunnel, which shows to be promising, allowing productivity increase of both the miniceps and the minicutting's rooting. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of mini-tunnels in miniceps's productivity of a hybrid clone. The work was conducted in the seedling nursery of the Aperam Bioenergia Company, located in the municipality of Itamarandiba, Minas Gerais, where four different periods of time the miniceps were in the mini-tunnel (0 – control variable, 15, 30 and 45 days) were tested. The total and effective productivity of the minicuttings for miniceps and the levels of chlorophyll a, b and total, the height, the leaf area and minicutting's dry mass were all evaluated. The use of the mini-tunnels for a larger period of time caused a higher minicuttings for miniceps production, increase in chlorophyll levels, apart from smaller leaf area and minicutting's dry biomass in relation to non-use, being advantageous in the management operation of the mini clonal garden.

Key words: Minicutting; Mini garden; Hybridization.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e ilhas adjacentes e possui cerca de 700 espécies, sendo considerado um alto número quando comparado a outros gêneros florestais (Harwood, 2011). Características como rápido crescimento, boa adaptabilidade a diferentes tipos de solo e alta qualidade das fibras contribuem para o crescente interesse nas espécies do gênero (Paiva et al., 2011).

Os plantios de eucalipto no Brasil ocupam uma área de 7,4 milhões de hectares, o que representa 75,2% do total da área de árvores plantadas no país, sendo localizado, principalmente, em Minas Gerais (24,5%), São Paulo (16,7%), Mato Grosso do Sul (15,5%), Bahia (10,8%), Rio Grande do Sul (5,4%), Paraná (5,2%) e Espírito Santo (4,1%) (IBÁ, 2016).

Nas últimas décadas houve constante aumento no interesse pela silvicultura clonal, decorrente da possibilidade de contornar problemas de determinadas doenças, heterogeneidade e produtividade dos plantios florestais (Xavier et al., 2013).

A utilização da hibridação associada à propagação clonal dos genótipos superiores visa atender a inúmeras finalidades da exploração, melhorar a produtividade e reduzir os custos de produção (Miguel, 2009). Os possíveis benefícios da utilização de genótipos superiores de híbridos de *Eucalyptus* spp. devem ser potencializados por técnicas economicamente viáveis para propagação destes indivíduos (Freitas et al., 2017).

Dentre os métodos de propagação clonal em escala comercial, destaca-se a miniestaquia, que consiste em uma técnica onde são utilizadas miniestacas retiradas de brotos formados em minicepas cultivadas em minijardins clonais, geralmente estabelecidos no interior de casas de vegetação (Xavier et al., 2013). O uso da miniestaquia, quando comparada a outras técnicas de propagação vegetativa, oferece melhor produtividade em curto espaço de tempo, reduz a área produtiva (Carvalho, 2016), aumenta a uniformidade e o número de raízes por estaca e melhora a qualidade do sistema radicular (Paiva e Gonçalves, 2013).

A partir da implementação da miniestaquia, surgiram diversas alternativas para melhorias das estruturas disponíveis para a propagação, crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma das tecnologias que vem sendo utilizadas na propagação do eucalipto em minijardim clonal é o uso de estufim, que consiste em uma estufa que abrange uma área menor, em forma de túnel e revestida por plástico. Essa estrutura favorece as condições de

crescimento e produção das minicepas, aumentando a capacidade produtiva do viveiro (Oliveira, 2016).

No ambiente criado sob os estufins, em que a temperatura e umidade são maiores, uma série de alterações na morfologia foliar é verificada, onde as folhas se tornam menores, mais estreitas e com coloração mais clara (Assis, 2014). Estudos com algumas espécies de eucalipto demonstram que o uso de estufins aumenta a produtividade das minicepas e também o enraizamento, além de reduzir a formação de calos durante o processo de enraizamento das plantas (Assis, 2011; Batista et al., 2015).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tempos de estufim na produtividade de miniestacas em minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais (17°51'24" S e 42°51'40" W), nos meses de novembro e dezembro de 2018. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A pluviosidade média é de 1050 mm ao ano e as temperaturas médias oscilam entre 16,5 e 22,1°C (Silva e Ferreira, 2011).

O minijardim clonal foi composto por quatro canaletões construídos em fibrocimento, a 1 m do piso, com dimensões de 0,8 x 16,3 m, inclinação de 10% e profundidade de 0,3 m, sendo 5 cm de brita, visando melhorar a drenagem, e 25 cm de cascalho (granulometria entre 2 e 5 mm).

Em cada canaletão foram cultivadas, durante 30 meses, minicepas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*, no espaçamento de 10 x 10 cm.

Antes da instalação do experimento, o minijardim clonal foi mantido aberto e procedeu-se a limpeza semanal do sistema, eliminando folhas, brotações e minicepas mortas.

A irrigação e a nutrição mineral das minicepas foram efetuadas por sistema automatizado de fertirrigação por gotejamento com sete aplicações ao dia e vazão de 9,3 L m⁻² dia⁻¹. A Tabela 1 apresenta as soluções estoque utilizadas na fertirrigação.

Tabela 1- Fertilizantes e quantidade das soluções utilizadas na fertirrigação das minicepas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*, no minijardim clonal.

Fertilizantes	Quantidade da solução estoque
Monoamônio fosfato	1,55 g L ⁻¹
Sulfato de magnésio	0,5 g L ⁻¹
Cloreto de potássio	0,6 g L ⁻¹
Cloreto de cálcio	0,5 g L ⁻¹
Sulfato de zinco	4 mg L ⁻¹
Hidroferro	24 mg L ⁻¹
Ácido bórico	11 mg L ⁻¹
Sulfato de manganês	14 mg L ⁻¹
Sulfato de cobre	2 mg L ⁻¹

Para a realização do experimento, foi utilizado um canaletão para cada tempo de estufim (0 - controle, 15, 30 e 45 dias), totalizando quatro canaletões. Os estufins possuíam estrutura tubular, com dimensões de 0,80 x 16,30 x 0,50 m (largura x comprimento x altura), fabricado em aço galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 µm.

A cobertura dos canaletões com o filme plástico foi realizada de forma escalonada, sendo iniciada no canaletão que constituiu o tempo de 45 dias. Após 15 dias, procedeu-se a colocação do filme no canaletão definido para o tempo de 30 dias e, finalizando, após decorridos mais 15 dias no tratamento que foi estabelecido como tempo de 15 dias. O tratamento controle não recebeu cobertura com o filme plástico ao longo de todo o período de experimentação.

Após a montagem dos tratamentos, foi realizado o corte das miniestacas semanalmente, com exceção dos últimos sete dias que antecederam as avaliações experimentais. O tempo de sete dias foi definido conforme frequência de coleta operacional da Empresa e também recomendado por Xavier et al. (2013).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos (tempos de estufim) e três blocos (início, meio e fim do canaletão), contendo 6 minicepas por parcela.

Antes da coleta das miniestacas, avaliou-se os teores de clorofila a, b e total que foram determinados com base em cinco folhas por parcela, de forma não destrutiva, com o uso do medidor portátil de clorofila ClorofiLOG 1030 (Falker, 2008).

A partir das miniestacas coletadas nas minicepas, foram determinadas as seguintes variáveis: produtividade total (PT) e produtividade efetiva (PE) das miniestacas por minicepas; e altura (H, cm), massa seca (MS, g) e área foliar (AF, cm²) das miniestacas.

Para a produtividade total considerou-se o número de miniestacas maiores que 5 cm de altura e, para a produtividade efetiva, o número de miniestacas maiores que 9 cm (altura mínima para estaqueamento de acordo com o padrão operacional da empresa).

A altura das miniestacas foi mensurada com uma régua e a massa seca foi realizada por meio da secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, e pesagem em balança analítica. Para determinação da área foliar, cinco folhas de cada parcela foram coletadas, escaneadas e digitalizadas para o software Determinador Digital de Áreas (DDA) (Ferreira et al., 2008).

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e ao de Bartlett e, em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Os dados foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância com auxílio do pacote estatístico ExpDes.pt versão 1.2.0 (Ferreira et al., 2018), utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS

De acordo com a ANOVA, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis produtividade efetiva de miniestacas por minicepas e massa seca de miniestacas em função dos tempos de estufim testados (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as características produtividade total de miniestacas por minicepas (PT); produtividade efetiva de miniestacas por minicepas (PE); e altura (H), massa seca (MS), área foliar (AF), clorofila a (CA), clorofila b (CB) e clorofila total (CT) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita*, em função dos tempos de estufim.

FV	GL	Quadrados médios							
		PT	PE	H	MS	AF	CA	CB	CT
Estufim	3	5,7 ^{ns}	4,3 [*]	0,6 ^{ns}	0,002 [*]	2,3 ^{ns}	4234,5 ^{ns}	145,0 ^{ns}	4036,3 ^{ns}
Bloco	2	1,5 ^{ns}	3,5 ^{ns}	4,6 ^{ns}	0,001 [*]	1,1 ^{ns}	1675,0 ^{ns}	1012,0 ^{ns}	5345,7 ^{ns}
Resíduo	6	2,9	0,8	1,2	0,001	1,23	1267	376,6	2789,6

Houve redução da produtividade total até o tempo de 30 dias e, a partir desse ponto, foi observado aumento acentuado da variável, passando de 2,9 miniestacas/minicepa com 30 dias para 5,9 miniestacas/minicepa no tempo de 45 dias. Para produtividade efetiva, o tempo de 45 dias (4,1 miniestacas/minicepa) diferiu estatisticamente do tempo de 30 dias (1,6 miniestacas/minicepa), representando um acréscimo de 156,25% (Figura 1).

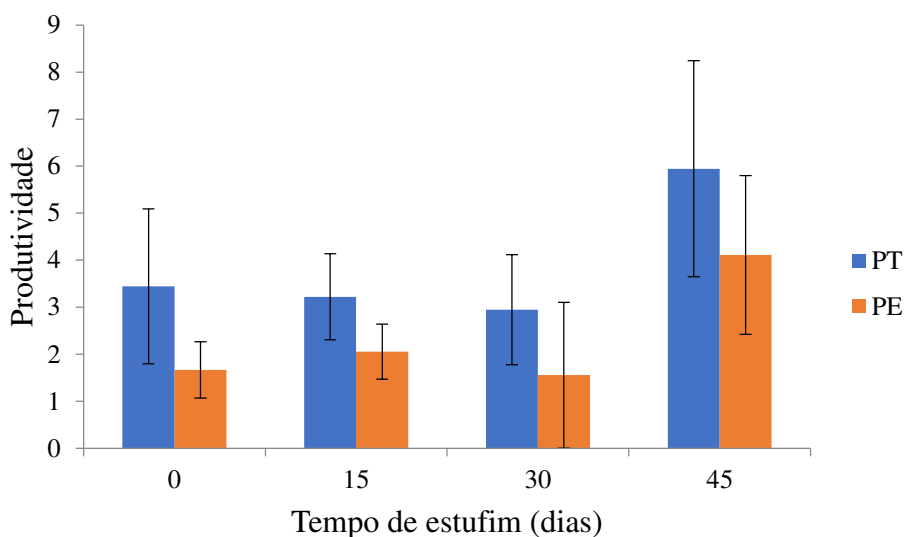


Figura 1 – Produtividade total (PT) e produtividade efetiva (PE) de miniestacas por minicepas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta a quatro tempos de estufim.

Na Figura 2 é observada a variação da altura das estacas entre os tratamentos, onde a maior altura foi encontrada no tratamento com 45 dias de estufim (10,5 cm) e a menor no tratamento controle (8,9 cm), sem diferença estatística entre os mesmos.

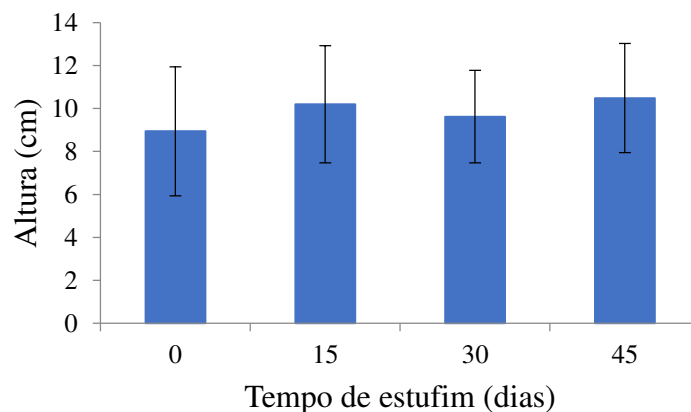


Figura 2 – Altura média de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta a quatro tempos de estufim. As barras indicam o desvio-padrão.

As miniestacas produzidas no tempo de 45 dias de estufim obtiveram menor valor médio de área foliar ($3,6 \text{ cm}^2$) quando comparadas aos demais tratamentos, apresentando uma redução de 22,2% em relação ao tratamento controle ($4,4 \text{ cm}^2$) (Figura 3). Para massa seca, houve decréscimo da variável com o aumento do tempo de estufim, onde o tratamento controle (0,17 g) foi estatisticamente superior ao tratamento de 45 dias (0,11 g) (Figura 4).

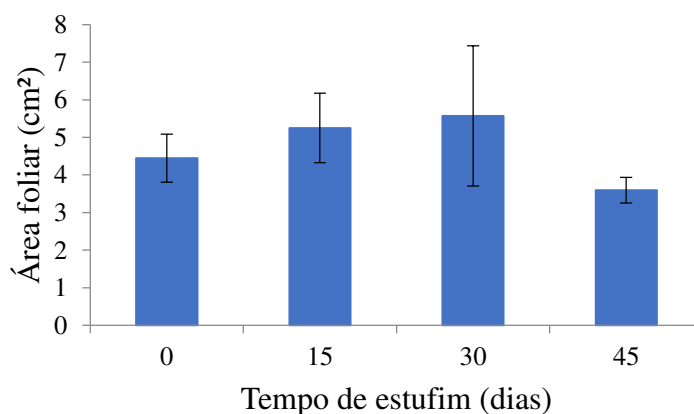


Figura 3 – Área foliar de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta a quatro tempos de estufim. As barras indicam o desvio-padrão.

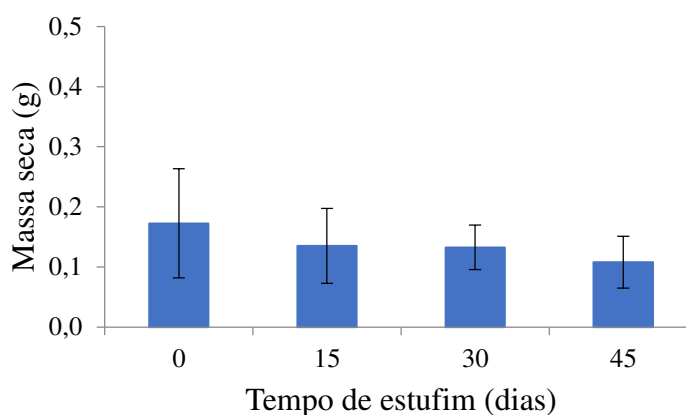


Figura 4 – Massa seca de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta a quatro tempos de estufim. As barras indicam o desvio-padrão.

De modo geral, houve aumento linear dos teores de clorofila a e total à medida que se aumentou o tempo das minicepas sob o estufim. No tratamento controle os valores foram de 262,1 e 384,8, enquanto que no tratamento de 45 dias estes valores foram de 345,2 e 470,9, respectivamente. Em relação à clorofila b, houve redução até o tempo de 30 dias e, a partir desse ponto, foi observado aumento no valor da variável. (Figura 5).

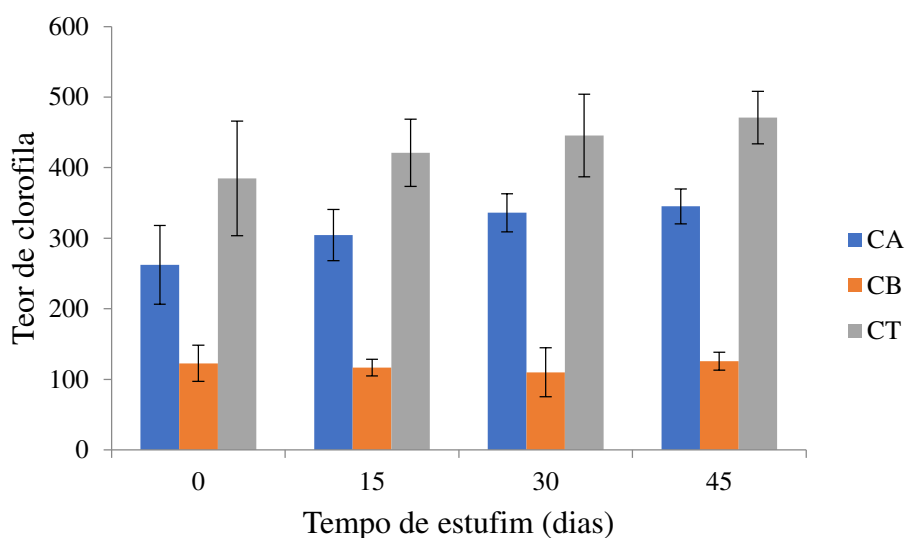


Figura 5 – Teores de clorofila a (CA), b (CB) e total (CT) de miniestacas de *E. urophylla* x *E. pellita* em resposta a quatro tempos de estufim.

4. DISCUSSÃO

O sucesso de um plantio florestal está relacionado à qualidade das mudas, pois esta promove o aumento da produtividade e da qualidade do produto final. Mudanças de qualidade possuem maior capacidade de desenvolvimento no campo e maior crescimento, reduzindo possíveis prejuízos causados por pragas florestais (Trazzi et al., 2013).

O uso do estufim por maior tempo favoreceu as produtividades total e efetiva das minicepas, alcançando valores de 5,9 e 4,1 miniestacas/minicepa, respectivamente. Valores de produtividade de minicepas de *Eucalyptus* spp. implantadas em minijardim clonal foram relatados por diversos autores: 1,0 miniestaca/minicepa em clones de *E. globulus* (Alfenas et al., 2009); 2,9 miniestacas/minicepa em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Cunha et al., 2009); 3,2 miniestacas/minicepa em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Souza, 2012); 1,9 miniestacas/minicepa em híbridos de *Eucalyptus globulus* (Freitas, 2013). Estes valores demonstram que o uso do estufim por maiores períodos aumenta a produtividade de miniestacas do clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*.

A maior altura observada nos tratamentos com estufim estão de acordo com resultados obtidos por Batista et al. (2015) e Oliveira (2016) trabalhando com miniestacas de *Eucalyptus*.

A área foliar é um componente importante da produção e acúmulo de biomassa, sendo a alteração da forma das folhas um dos mecanismos de resposta das plantas a condições de extremos ambientais, tal como a exposição prolongada à elevada temperatura (Taiz e Zeiger, 2013). No presente estudo, o uso do estufim por maiores tempos promoveu a redução da área foliar das miniestacas e, conseqüentemente, da massa seca.

Apesar de ser esperado aumento da área foliar das estacas produzidas nas parcelas cobertas com estufim devido à redução da luminosidade nesse tratamento, como forma de ampliar a superfície fotossintetizante e maximizar a absorção de luz, é possível inferir que a translocação dos fotoassimilados na cepa ocorreu no sentido de produzir um maior número de estacas, mesmo com menor biomassa, talvez como estratégia de sobrevivência em condições ambientais extremas (Oliveira, 2016). Além disso, uma menor área foliar pode implicar em menor transpiração, o que aumenta a eficiência no uso da água, e pode contribuir para o melhor desempenho da planta em condição de estresse (Mendonça, 2010).

As clorofilas são os principais pigmentos cloroplastídicos responsáveis pela captação de radiação solar que, durante o processo de fotossíntese, é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH (Marengo e Lopes, 2005). A determinação dos teores de clorofila da

folha é importante porque a atividade fotossintética da planta depende, em parte, da capacidade da folha para absorver luz (Mendes, 2011).

No presente estudo, mesmo havendo redução da área foliar com o aumento do tempo de estufim, o teor de clorofila total aumentou 22% com 45 dias em relação à não utilização da estrutura. Estes resultados corroboram com Silva et al. (2004) e Mendes (2011), que encontraram altos teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus* spp., respectivamente, submetidas a estresse hídrico.

5. CONCLUSÕES

- O uso de maiores tempos de estufim no minijardim clonal ocasionou maior produção de miniestacas por minicepa, e o aumento da altura e do teor de clorofila em miniestacas em relação à não utilização.
- As miniestacas produzidas em minicepas que foram mantidas durante 45 dias sob estufim apresentaram menor área foliar e menor biomassa seca.
- O uso de estufim pode ser uma vantajosa operação de manejo para aumentar a capacidade produtiva de um minijardim clonal de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfenas AC, Zauza EAV, Mafia RG, Assis TF. Clonagem e doenças do eucalipto. 2.ed., Viçosa, MG: Editora UFV; 2009. 500p.

Assis TF. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. BMC Proceedings, 2011; 5 (Suppl 7):I18. doi: 10.1186/1753-6561-5-S7-I18.

Assis, T. F. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 2014. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/profile/Teotonio_Assis/publication/311453642_Melhoramento_genetico_de_Eucalyptus_desafios_e_perspectivas/links/5847355208ae8e63e6308c34/Melhoramento-genetico-de-Eucalyptus-desafios-e-perspectivas.pdf>. Acesso em 29 jan. 2019.

Batista AF, Santos GA, Silva LD, Quevedo FF, Assis TF. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. *Australian Forestry*, 2015; 78(2): 65-72. doi: 10.1080/00049158.2015.1039162.

Carvalho MA. Efeito da aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas e qualidade de mudas de *Tectona grandis* (Linn f.). 2016. 43p. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/fenf/arquivos/ca71d238daaffb973b4a8474934b78a9.pdf>>. Acesso em 29 jan. 2019.

Cunha ACMCM, Paiva HN, Barros NF, Leite HG, Leite FP. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2009; 33(3):591-599. doi: 10.1590/S0100-06832009000300014

Falker, Automação agrícola. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030). 2008. 33p. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/>>. Acesso em 01 fev. 2019.

Ferreira, OGL, Rossi FD, Andrighetto C. DDA - Determinador Digital de Áreas: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo. Versão 2.0. Santo Augusto: IFFarroupilha. 2008.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.2.0. 2018. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html>>.

Freitas AF. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a N, B e Zn. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG. 2013; 97f.

Freitas AF, Paiva HN, Xavier A, Neves JCL. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. *Ciência Florestal*, 2017; 27(1): 193-202. doi: 10.5902/1980509826458.

Harwood C. Introductions: doing it right. In: Walker J. (Ed.), *Developing a Eucalypt Resource. Learning from Australia and Elsewhere*. Wood Technology Research Centre, New Zealand, 2011; 43–54.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). Relatório anual. 2016. 100 p. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em 29 jan. 2019.

Marengo RA, Lopes NF. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. UFV; 2005. 451p.

Mendes HSJ. Comportamento de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade hídrica e adubação potássica. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, SP. 2011; 55f.

Mendonça AVR, Carneiro JGA, Freitas TAS, Barroso DG. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino. Ciência Florestal, 2010; 20(2): 255-267. doi: 10.5902/198050981850.

Miguel EP. Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, PA. 2009; 165 f.

Oliveira AS. Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2016; 92 f.

Paiva JAP, Prat E, Vautrin S, Santos M, San-Clemente H, Brommonschenkel S, Fonseca PGS, Grattapaglia D, Song X, Ammiraju MSS, Kudrna D, Wing RA, Freitas AT. Advancing Eucalyptus genomics: identification and sequencing of lignin biosynthesis genes from deep-coverage BAC libraries. BMC Genomics, 2011; 12(1): 137. doi: 10.1186/1471-2164-12-137.

Paiva HN, Gonçalves W. Produção de mudas para arborização urbana. 2 ed. Viçosa: Editora aprenda fácil, 2013; 171p.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>.

Silva MR, Klar AE, Passos JR. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden). Irriga, 2004; 9(1): 31-40. doi: 10.15809/irriga.2004v9n1p31-40.

Silva MM, Ferreira VO. Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha. *Caderno de Geografia*, 2011; 21(35): 56-73.

Souza CC. Padrões de miniestacas e densidade de minicepas na propagação clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2012; 57f.

Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2013; 918 p.

Trazzi PA, Caldeira MVW, Passos RR, Gonçalves EO. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). *Ciência Florestal*, 2013; 23(3): 401-409. doi: 10.5902/1980509810551.

Xavier A, Wendling I, Silva RL. *Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2013; 279p.

CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com as condições experimentais adotadas, pode-se concluir que:

- Na propagação vegetativa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*, os melhores resultados foram obtidos utilizando-se concentrações acima de 6.000 mg L⁻¹ de AIB, onde houve maior percentual de enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular das mudas.
- O uso do estufim na miniestaquia de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita*, de forma geral, proporcionou melhor qualidade do sistema radicular e menor surgimento de calos quando comparado à não-utilização.
- O uso de maiores tempos de estufim ocasionou maior produção de miniestacas por minicepa, aumento da altura e do teor de clorofila, além de menor área foliar e biomassa seca das miniestacas em relação à não-utilização, sendo vantajoso na operação de manejo do minijardim clonal.

APÊNDICE – EFEITO DO ESTUFIM SOBRE AS MINICEPAS E MINISTACAS

